

Janne Mäntynen

PMI-SOVELLUKSEN KÄYTTÖ SIEMENS NX-OHJELMISTOYMPÄRISTÖSSÄ

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Kandidaatintyö
2/2020

TIIVISTELMÄ

Janne Mäntynen: PMI-sovelluksen käyttö Siemens NX-ohjelmistoympäristössä
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Konetekniikan Kandidaatin tutkinto-ohjelma
2/2020

Kandidaatin työssä perehdytään tuotannossa käytettävän tuotetiedon liittämiseen 3D-malliin MBD mukaisesti Siemens NX -ohjelmistossa Siemensin kehittämän PMI-sovelluksen avulla. Työssä esitetään ensimmäisenä tuotetiedon teoriaa ja kuin DBD ja MBD poikkeavat toisistaan ja siihen minkälaista tuotetietoa on olemassa. Työssä on käsitelty myös tuotetietoon liittyviä standardeja ja esitelty lyhyesti käytettävä ohjelmisto. Tutkimuksen tavoite ole selvittää kuinka tuotetiedon liittäminen toimii Siemens NX -ohjelmistossa.

Työssä käydään läpi vaihevaiheelta, kuinka käyttää tuotetiedon liittämiseen käytettävää PMI-sovellusta tehokkaasti ja mihinkä ohjelman käyttäjän tulisi kiinnittää huomiota ohjelmaa käytettäessä. Työ käsittää sovelluksen käytön aloituksen ja siihen liittyvien alkuasetusten määrittämisen, kuin PMI-sovelluksen eri komennot. Lopuksi työssä on esitelty, kuinka 3D-malliin liitettyä tuotetietoa voidaan hyödyntää 2D-teknisissä piirustuksissa ja toisin päin.

Työn tulokseksi saatiin, että Siemensin kehittämä PMI-sovellus on hyvä työkalu yrityksille siirtä DBD:stä MBD:n mukaiseen tuotemäärittelyyn. Vaikka muutamia epäkohtia löydettiin työn aikana, olivat kokemukset PMI-sovelluksen käytön kannalta kannustavia. Päällimmäisenä huomiona on sovellusten eri valikoiden monimuotoisuus, joka voi aiheuttaa hämmennystä ohjelmistoa ensikertaa käyttäville tahoille.

Avainsanat: Siemens, NX, PMI, MBD

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Janne Mäntynen: Usage of PMI application in Siemens NX program
Bachelor thesis
Tampere University
Konetekniikan Kandidaatin tutkinto-ohjelma
2/2020

In this thesis we look over themes involving product and manufacturing information and how it can be added to 3D-model in Siemens NX -program using Siemens's PMI application. In the first part of thesis we will conclude how DBD and MBD differ and what type of product and manufacturing information exist. Also in this thesis we have named the standards that are involved in product and manufacturing information and we go through main points of used Siemens NX -program. The aim of this thesis is to find out how the adding production and manufacturing information is done with PMI application in Siemens NX -program.

The thesis will go through how to use the program efficiently and we give pointers for program's user when using the application. First thesis shows how to start using the application and how to set the basic settings at the start. Next the thesis will show most of the tools involving product and manufacturing information. In the end thesis will conclude how user can import or export product and manufacturing information between modeling and drafting applications.

The results were that while PMI application is good tool for MBD and the most parts are easy to control there are some tools and settings that need the user to be extra cautious. This can be lead first time user confused when trying to apply product and manufacturing information to 3D-model with PMI application.

Keywords: Siemens, NX, PMI, MBD

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
2. TEORIA JA TAUSTA	2
2.1 Mallipohjainen määrittely vs. piirropohjainen määrittely	2
2.2 Tuotetieto (PMI)	4
2.2.1 Graafinen tuotetieto (Graphic PMI)	4
2.2.2 Semanttinen tuotetieto (Semantic PMI)	5
2.3 Mitta- ja geometriatoleranssit (GPS)	6
2.4 MBD ja standardit	7
2.5 Siemens NX -mallinnusohjelma	7
2.6 NX & PMI – tukevat tiedostoformaattit	9
3. MBD-MALLIN TEKEMINEN PMI-SOVELLUKSELLE	12
3.1 Tutkittavan mallin luominen	12
3.1.1 Siemens NX:n käytön aloitus	12
3.1.2 Nivelpäädyn mallintaminen	14
3.2 PMI-sovelluksen käyttö	17
3.2.1 PMI:n käytön aloitus	17
3.2.2 PMI:n käyttö ja sen ominaisuuksia	20
3.2.3 PMI-tietojen näkyvyyden hallinta	26
3.3 MBD ja tekniset piirustukset	30
3.3.1 Tuotetiedon vieminen 3D-mallista ja teknisen piirustukseen	30
3.3.2 Tuotetiedon tuominen 2D-teknisestä piirustuksesta 3D-malliin	33
3.4 STEP242-tiedostoformaatin käyttäminen MBD-mallin siirrossa	35
4. TULOSTEN TARKASTELU	39
5. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT	41
LÄHTEET	

LYHENTEET JA MERKINNÄT

MBD
DBD
CAD
NX
PMI
PLM
GPS

Model based definition
Drawing based definition
Computer aided design
Siemens NX -ohjelma
Product and manufacturing information
Product life cycle management
Mitta-ja geometriatoleranssit

1. JOHDANTO

Tuotteen valmistuksessa tarvittavan tuotetiedon esittäminen on ollut pitkään ongelma teollisuudessa. Perinteinen tapa on esittää tuotetieto 3D-mallista erillään tehdyssä teknisessä piirustuksessa. Tällöin tuotteen valmistuksessa tarvittava tuotetieto on esitetty tuotteen 3D-mallista tehdyssä 2D-teknisessä piirustuksessa. Tämä voi puolestaan johtaa virheiden syntyyn, jos 3D-malliin tehtyjä muutoksia ei muisteta päivittää teknisiin piirustuksiin. Usein teollisuudessa näitä muutoksia tehdään paljon, jolloin mahdollisuus virheisiin kasvaa huomattavasti. Mallipohjainen määrittely yhdistää tuotteen 3D-mallin ja sen valmistuksessa tarvittavan tuotetiedon yhdeksi kokonaisuudeksi, ja poistaa tarpeen teknisille piirustuksille tuotannossa.

Kandidaatintyön tarkoituksena on perehtyä kappaleen valmistamisessa tarvittavan tuotetiedon liittämiseen 3D-malliin ja tutkia kuinka tuotetiedon liittäminen malliin tapahtuu Siemens NX -ohjelmistolla. Työssä tarkastellaan tuotetiedon integroimista kappaleeseen mallinnuksen aikana, mikä poikkeaa perinteisestä tavasta lisätä kappaleen valmistamiseen tarvittavat tiedot vasta 3D-mallinnuksen jälkeen kappaleesta tehtyihin teknisiin piirustuksiin. Työn onnistuessa tiedetään paremmin, kuinka käytetty ohjelmisto tukee tuotetiedon liittämistä 3D-malliin ja tunnistetaan tiedon liittämiseen liittyviä ongelmakohtia.

Työssä keskitytään tutkimaan Siemensin kehittämää NX-mallinnusohjelmaa, työ ei suoranaisesti ole sovellettavissa yleisesti muihin 3D-mallinnusohjelmiin. Työssä käytössä on ohjelmiston viimeisin versio Siemens NX 12.0.1, mutta työssä käsitellään myös osana NX-ohjelmiston kehitystä ja sen aikaisempia sovellusversioita.

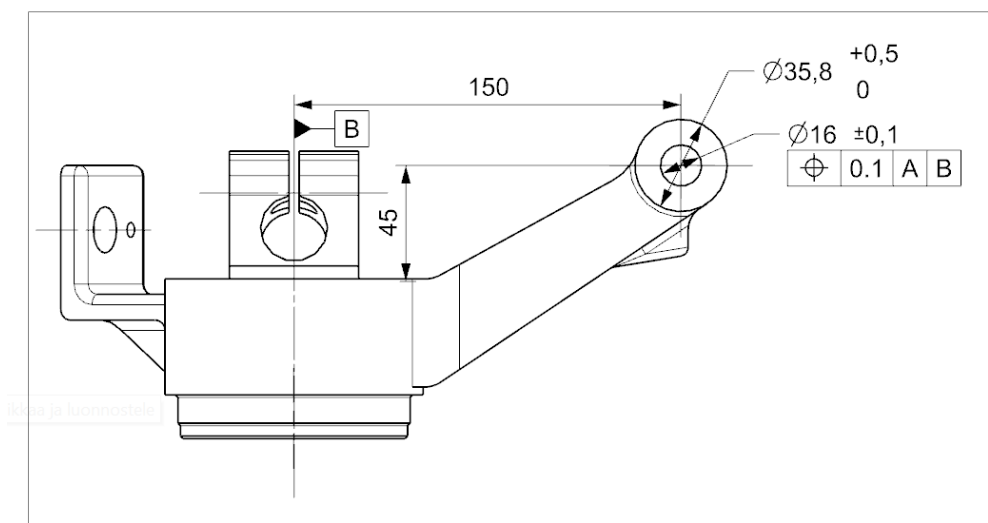
Ensimmäiseksi kandidaatintyössä esitellään mitä on tuotetiedon teoriaa ja osa-alueita. Seuraavaksi työ käsittelee tutkittavaa ohjelmistoa ja PMI-sovelluksen käyttöä. Tämän jälkeen on esitetty itse tutkimus ja kuinka tutkimus on toteutettu. Lopuksi yhteenvedossa on esitetty tutkimuksen kannalta merkittävimmät löydökset ja päätelmät.

2. TEORIA JA TAUSTA

Tietokoneavusteinen suunnittelun (computer aided design, CAD) ja tietokoneavusteiden valmistuksen (computer aided manufacturing, CAM) kehitys on muuttanut tuotesuunnittelun ja tuotannon tehtäviä huomattavasti. Nykyaikana ohjelmistot ovat jo niin kehittyneitä, että valmistettavan kappaleen mallintaminen ja sille koneistuspiirroksen tekeminen hoituvat melkein automaattisesti. CAD-ohjelmistot ovat jo niin kehittyneitä, että ohjelmistovalmistajat pyrkivät luomaan ratkaisuja, jotka mahdollistavat suunnittelun, testaamisen ja simuloinnin, valmistusteknisen dokumentaation ja kokoonpanojen luomisen samanaikaisesti yhdellä ohjelmalla.

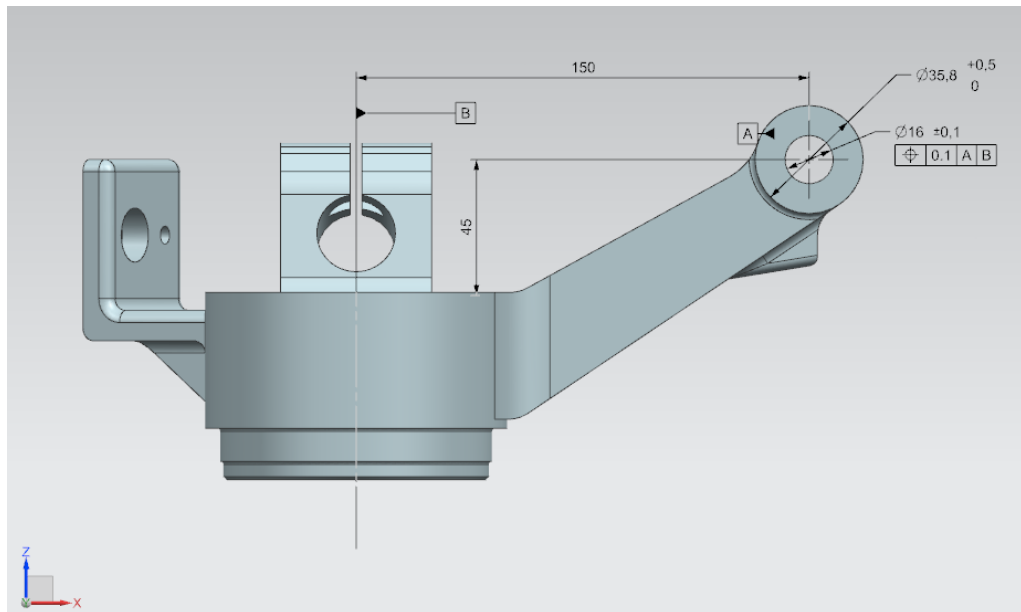
2.1 Mallipohjainen määrittely vs. piirrospohjainen määrittely

Perinteinen tapa ilmaista kappaleen valmistamisessa tarvittava informaatio tai tuotteenvalmistustieto tai tuotetieto (Mot-sanakirjan käännös product manufacturing information, PMI) on ollut lisätä tämä tieto kappaleen 2D-työkuviin standardien mukaisesti. Drawing-based definition (DBD) eli piirrospohjaisen määrittelyn mukaan product manufacturing information eli tuotetieto (PMI) lisätään kappaleen teknisiin kuviin alan sääntöjen mukaisesti (Protolabs 2017). Kuvassa 1 on esitetty DBD:n mukainen tuotetiedon esitystapa, missä tuotetieto on lisätty 3D-mallista projektiosääntöjen mukaisesti tehtyyn 2D-tekniiseen piirustukseen.



Kuva 1. DBD:n mukainen 2D-tekniinen piirustus

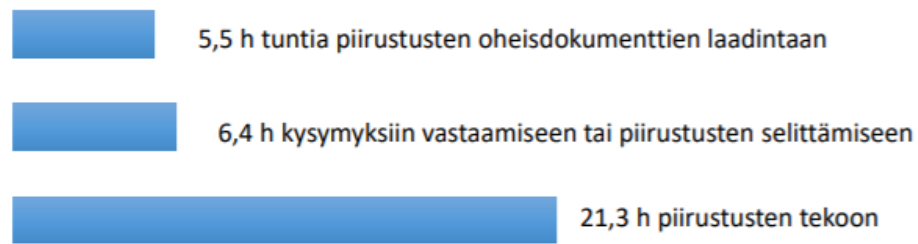
Puolestaan model based definiton (MBD) eli mallipohjainen määrittely pohjautuu 3D-malliin: tuotetieto lisätään jo olemassa olevaan 3D-malliin, jolloin kappaleen valmistamiseksi ei tarvita erillistä 2D -piirrosta. Koska PMI-tieto voidaan lisätä jo olemassa olevaan CAD-tiedostoon, ei täten tarvita erillistä .dwg-tiedostoa. (Protolabs 2017)



Kuva 2. MBD:n mukainen 3D-malliin liitetty tuotetieto

Yleisiä MBD:n hyötyjä on vahvempi yhteys mallin, tuotannon ja laadunvalvonnan välillä, koska mallista ei ole erillistä työpiirustusta vaan tieto on linkitetty jo mallinnetun kappaleen piirteisiin tai geometriaan (Protolabs 2017). Toisaalta, ehkä suurempi hyöty on tiedon luominen vain kerran ja sen käyttäminen automatisoidusti ilman erillistä tiedonsiirtoa formaatista toiseen (Laaksonen et al. 2016 s.7-9). Yhden tiedoston päivittäminen on nopeampaa verrattuna DBD:n vaatimien teknisten dokumenttien päivitykseen. Alla olevassa kuvassa 3 on esitetty suunnittelijan keskimääräinen ajankäyttö viikossa. Kuvasta nähdään hyvin, kuinka paljon aikaa suunnittelijalla kuluu keskimäärin DBD:n teknisten dokumenttien hallitsemiseen. MBD:ssa määritelty malli, joka sisältää vaadittavan tuotetiedon, voidaan muuntaa 2D teknilliseksi kuvaksi tuotetiedon välittämiseksi, jos 3D-mallin käyttäminen ei ole mahdollista (Siemens PLM 2011).

Suunnittelijan keskimääräinen ajankäyttö viikossa



Kuva 3. Suunnittelijan keskimääräinen ajankäyttö viikossa (Laaksonen et al. 2016 s.9).

Teollisuudessa DBD on vielä yleisempi tapa, mutta tuotannossa ja valmistuksessa käytettävien ohjelmistojen kehityksen myötä on MBD myös yleistynyt Suomessa ja muualla maailmassa. MBD:ta käyttää lähinnä auto- ja lentokoneteollisuus, mutta on odotettavissa, että malliperusteinen tuotemäärittely korvaa tekniset piirustukset myös muissa teollisuudenaloilla. (Laaksonen et al. 2016 s.5)

2.2 Tuotetieto (PMI)

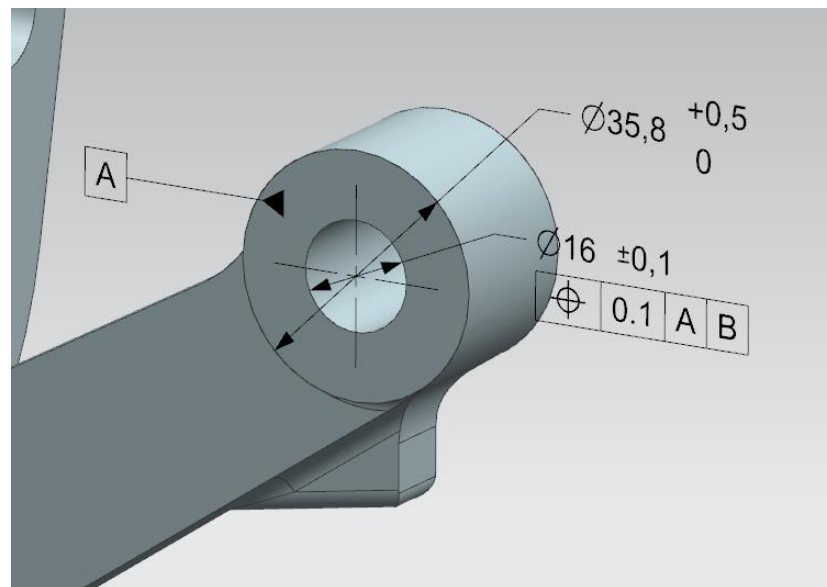
Englanninkielinen termi product manufacturing information (PMI) kääntyy suomen kielessä yleensä tuotemäärittelytiedoksi tai tuotetiedoksi. Tuotetiedolla viitataan tässä yhteydessä 3D-CAD -järjestelmissä käytettävään informaatioon, jonka avulla määritetään tuotteen valmistuksen kannalta tärkeimmät vaatimukset. Tuotetietoon ei kuulu kappaleen geometria. Tuotetieto esitetään CAD -järjestelmissä ilmoitusluontoisesti linkittämällä tuotetieto mallin geometriaan tai piirteeseen. Tuotetiedon tärkein tehtävä on esittää tuotetta valmistavalle tuotteen valmistuksen vaatimukset. Näitä vaatimuksia on muun muassa. pinnanlaatu, toleranssit ja paikoitus. (Lipman & Lubell 2015)

2.2.1 Graafinen tuotetieto (Graphic PMI)

Graafinen tuotetieto esittää MBD:ssa mallin dimensiot linkittämättä niitä 3D -mallin geometriaan. Hyvä tapa pohtia graafista esitysmuotoa on ajatella, että se pyrkii tuomaan MBD:n käyttäjälle saman tiedon kuin 2D -tekninen piirustus ilman erillistä 2D -presentaatiota. Kuvassa 4 nähdään MBD:n mukainen graafinen tuotetiedon esittäminen. Kuvasta näkee, että mitta- ja geometriatoleranssit (GPS) on

sidoksissa kappaleen tai pintojen rajoihin, eikä itse kappaleen geometriaan: nivelpäädyn ulokkeen reiän halkaisijan mitoituksessa mitta ja sen paikoitus on kannakkeen sivupinnassa sijaitsevassa ympyrässä, eikä reiän sisäpinnassa.

Graafinen tuotetiedon esittäminen tukee kappaleen hahmottamista, koska visuaalinen esitystapa ei jätä epäselvyyksiä ja antamaa hyvän kokonaiskuvan koko tuotteesta. 2D-teknisessä piirustuksessa projektiot voivat johtaa harhaan, mikä voi johtaa kappaleen geometrian virheelliseen hahmottamiseen, mitä ei tapahdu 3D -mallissa. Graafinen tuotetiedon esittäminen MBD:ssa vastaa hyvin 2D-tekniestä piirustusta. Huomioitavaa on, että graafinen esitysmuoto ei tue kappaleen automaattista valmistusta ilman lisämäärittelyä.



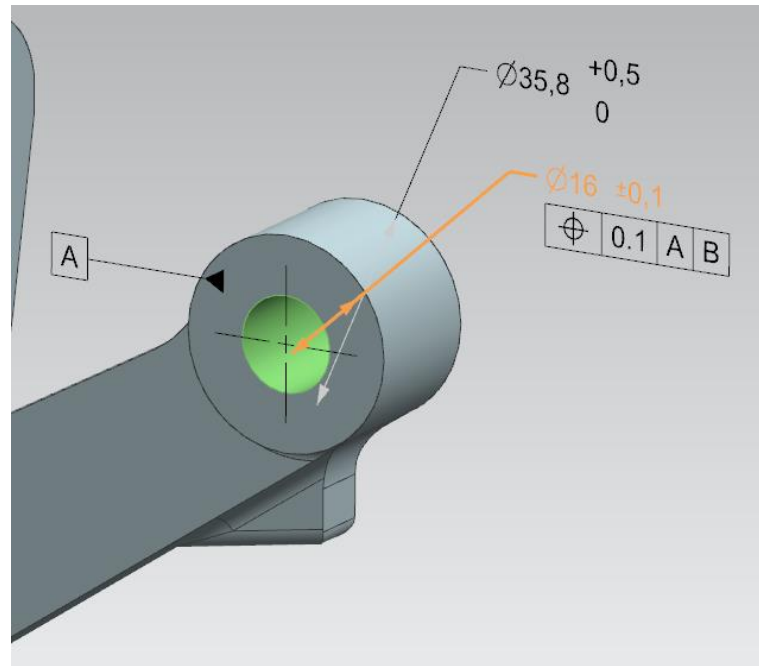
Kuva 4. Graafinen tuotetiedon esitystapa nivelpäädyn kannakkeesta.

2.2.2 Semanttinen tuotetieto (Semantic PMI)

Semanttinen tuotetieto (MOT -sanakirjan käännös Semantic PMI), sisältä attribuutit, jotka ovat linkitetty 3D -mallin geometriaan ja joita voidaan käyttää kappaleen geometrian määrittämiseen ja ohjelmistokoodin tekemiseen muun muassa CNC-koneelle (Herron 2014). Semanttista tuotetietoa eli geometriaan linkitettyä tuotetietoa voidaan täten käyttää mallien määrittämisessä model based engineering:ssä (MBE), koska sen tuottama data voidaan siirtää eri ohjelmien välillä. MBE viittaa täysin määriteltyyn 3D-malliin, joka määrittää valmistettavan tuotteen kokonaan sisältäen tuotteen valmistamiseen tarvittavan tiedon (Bijnens et al.

2018). Tuotetieto siirräessä tulee huomioida, että kaikki tiedostomuodot ei tuo geometriaan linkitetyn tuotetiedon siirtämistä. (Siemens PLM 2011, Herron 2014)

Kuvassa 5 on esitetty semanttisen tuotetiedon liittäminen 3D-malliin. Graafisesta esitystavasta poiketen nivelpäädyn ulokkeen kiinnitysreiän halkaisijan tuotetieto on linkitetty nivelpäädyn kannakkeen reiän geometriaan, joka muodostaa sylinterin. Sylinterin geometria on korostettu kuvassa 5 vihreällä värillä.



Kuva 5. Semanttinen tuotetiedon esitystapa nivelpäädyn kannakkeessa.

2.3 Mitta- ja geometriatoleranssit (GPS)

Mitta- ja geometriatoleranssit (GPS), englanninkielinen termi geometric dimensioning and tolerancing (GD&T), on teknilliseen viestintään kehittynyt geometrian ja toleranssien ilmaisumuoto, jolla hallitaan teknisessä suunnittelussa komponenttien ulottuvuuksia ja toleransseja. GPS:n tapoja noudattamalla taataan tiedon vaihdettavuus eri instanssien välillä. (Ricci et al. 2014)

GPS sisältää standardit teknilliseen dokumentointiin ja tuotetiedon oikeaoppiseen määrittelyyn. ISO-standardissa 8015 on tarkemmin määritelty siihen liittyvät perussäännöt ja käytänteet. GPS:än olemassa olon ymmärtäminen on perusedellytys sille, että henkilö pystyy tuottamaan teknistä materiaali, jota alan ihmiset ymmärtävät.

2.4 MBD ja standardit

Alan standardit varmistavat, että kaikki alan toimijat pystyvät kommunikoimaan keskenään. Standardit määrittävät MBD:lle teknisen tuotedokumentoinnin säännöt ja määrittää yhteiset merkinnät tuotteiden toleroinnille ja mitoitukselle. Alla olevassa taulukossa 1 on määritelty tuotetiedon ja mallintamisen kannalta oleelliset ISO-standardit. ISO-standardien lisäksi The American Society of Mechanical Engineering (ASME) on määrittänyt omat standardinsa teknilliseen dokumentointiin, näitä standardeja ovat muun muassa ASME Y14.5 ja 14.41. Euroopan alueella noudatetaan yleensä ISO standardien mukaista luokitusta. Standardien tarkempi tarkastelu ei ole työn kannalta merkittävässä asemassa ja niiden tarkastelu jätetään maininnan tasolle.

Taulukko 1, MBD:ssä esiintyviä standardeja. (Laaksonen et al. 2016 s.17-18, SFS ONLINE 2019)

Standardi	Standardin kuvaus
SFS-EN ISO 1011	Geometriset Toleranssit
SFS-EN ISO 5459	Toleranssit
ISO 2768	Yleismitoitus
SFS-ISO 16792	Tekninen dokumentointi
SFS-EN ISO 14405-1	Mittatoleranssit
ISO 8015	GD&T perussäännöt
SFS-EN ISO 2553	Hitsausmerkinnät
SFS-EN ISO 1332	Geometrinen tuotemäärittely

2.5 Siemens NX -mallinnusohjelma

Siemens NX on teollisuuden käyttöön suunniteltu 3D-mallinnusohjelma, joka on integroitu hyvin pitkälle muihin Siemens PLM -ohjelmistoihin. NX toimii kaikissa Siemensin PLM ohjelmistoissa, muun muassa Teamcenter- tai Simcenter-ohjelmistoympäristössä. (Siemens PLM 2011) NX on osa kokonaisuutta, joka pyrkii digitalisoimaan yrityksen PLM prosessin hyvin pitkälle. Siemensin visioissa on luoda yrityksille ympäristö, joka ei tarvitse enää paperisia 2D-teknisiä piirustuksia.

Muista kilpailevista mallinnusohjelmien tarjoajista Siemens on siirtynyt NX-ohjelmiston jatkuvaan päivittämiseen NX 12.0.2 version jälkeen, ja tulevaisuudessa ohjelmistosta ei ole tiedossa uusia versioita, vaan ohjelmistoon tehtävät muutokset tapahtuvat lisenssin mukaan automaattisten päivitysten kautta. (Siemens 2019)

Ensimmäinen versio NX-mallinohjelmistosta julkaistiin vuonna 2002, jolloin Siemensin aikaisemmin tarjoama Unigraphics-ohjelmisto lanseerattiin uudistuneena NX-ohjelmistona. Uusimmat NX versiot 1847 ja 1872 ovat molemmat lanseerattu vuonna 2019. NX:n kehityshistoria on jo huomattavan pitkä ja ohjelmisto on muuttunut täysin jo vuonna 2007 lanseeratusta NX 5-versiosta. Tuotetiedon liittämishjelma eli PMI tuli osaksi NX-ohjelmaa vuonna 2010 julkaistun NX 7 version myötä. (Siemens 2019)

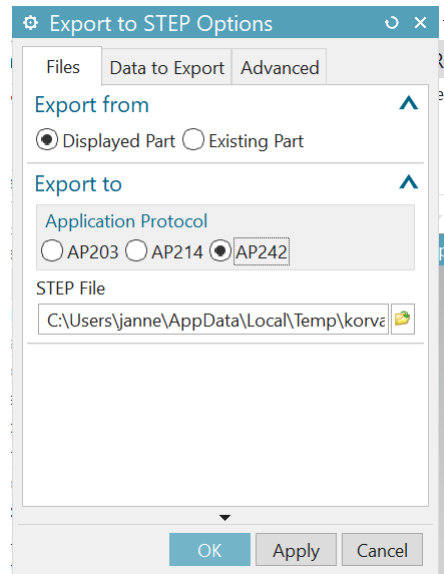
2.6 NX & PMI – tukevat tiedostoformaattit

Siemens PLM ympäristössä 3D-malliin liitettyä tuotetietoa voidaan siirtää ohjelmien välillä muutamalla eri tiedostoformaattilla. Tuotetiedon siirtämisen käyttökohte PLM:n erivaiheissa määrittää, mitä tiedonsiirtoformaatteja on suositeltava käyttää tiedonsiirrossa eri vaiheiden välillä. Liitetyn tuotetiedon esittämistä ja siirtämistä koskevat ehdot on esitetty taulukossa 1. Taulukosta nähdään muun muassa natiivintiedostoformaatin tukevan paremmin tuotetiedon siirtämistä kuin STEP242-tiedostoformaatti. Taulukossa esitetyistä tiedonsiirtoformaateista NX tukee seuraavia formaatteja: Part.-, STEP 242- ja JT-formaatteja. (Siemens PLM 2011)

Taulukko 2, *tuotetiedon siirtämistä tukevat tiedonsiirtoformaattit. (Laaksonen et al. 2016 s.10)*

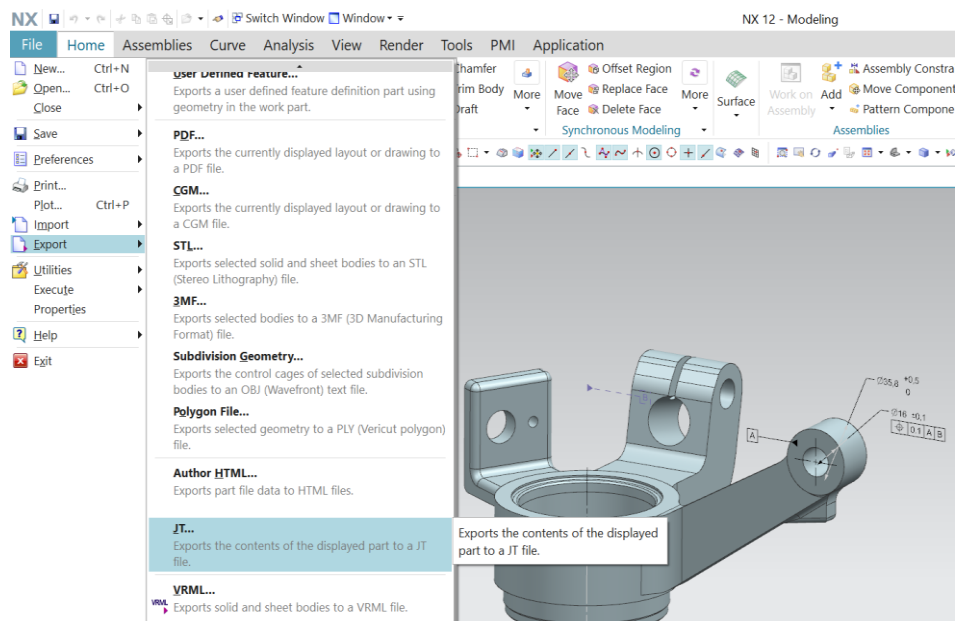
Siirrettävä tieto	Tiedonsiirtoformaatti					
	Natiivi	STEP AP 242	STEP AP 203/214	JT	Edrawing	3D-PDF
3D-malli (natiivi tai tarkka geometria)	X	X	X	X		
3D-malli (katseltava)				X	X	X
Piirrehistoria	X					
Mitoitus	X	X		X	X	x
Toleranssit	X	X		X	X	x
Annotaatiot	X	X		X	X	x
Kokoonpanot	X	X	X	X	X	x
Tallennetut kuvannot	X			X	X	x
Leikkauskuvannot	X			X	X	x
Rajäyryyskuvannot	X			X	X	x
Attribuutit/metadata	X	X		X	X	X
Osaluettelot	X				X	X
Liitetiedosto						X
Video (kokoonpano/toiminta)	X				X	

STEP242-formaatti on yllä mainittujen standardien mukainen tuotetiedon siirtämiseen soveltuva formaatti, joka hyödyntää STEP-formaattia tiedonsiirrossa. Huomioitavaa on, että tuodessa STEP-tiedostoa, joka sisältää PMI-tuotetietoa tulee formaatiksi valita AP242, joka tukee PMI tiedon esittämistä MBD mukaisesti. Kuvassa 6 esitetty tarkemmin, kuinka valita PMI-tiedon siirtämiseen soveltuva AP242 STEP-formaatti. STEP-tiedoston vieminen NX:stä tapahtuu samalla lailla kuin JT-formaatin vieminen, joka on esitetty kuvassa 7.



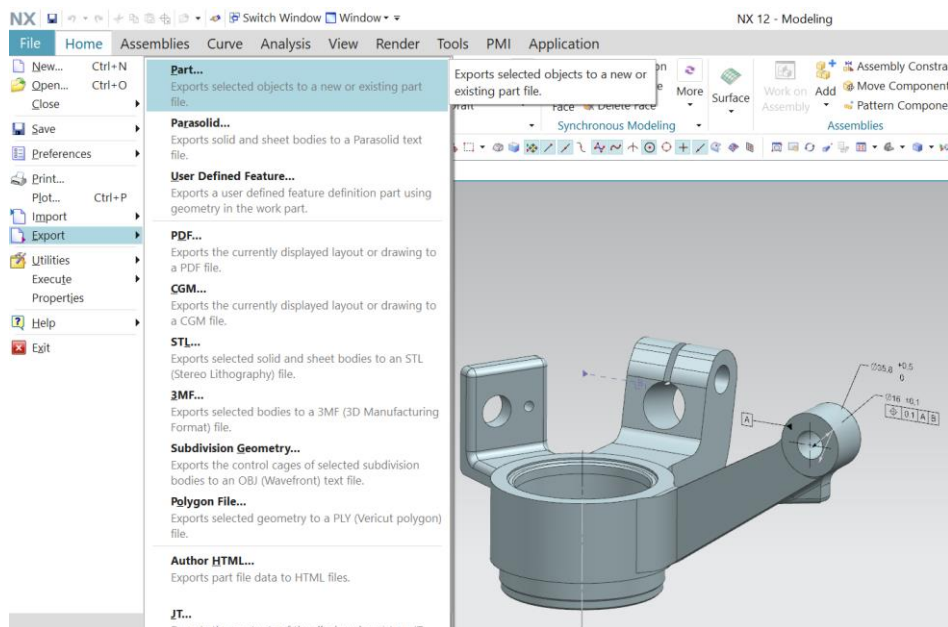
Kuva 6, STEP-tiedostoformaatin valitseminen NX ohjelmistossa.

Siemens NX on kehittänyt oman tiedostoformaatin, joka tukee NX-ohjelmistolla tehtävää tuotetiedon liittämistä 3D-malliin ja tiedon siirtämistä MBD:n mukaisesti Siemens:in PLM-ympäristössä. (Siemens PLM 2011) Myöhemmin JT-formaattia on myös alettu käyttää yleisesti muissakin ohjelmissa niin sanottuna yleisformaattina tuotetiedon siirtämisessä. JT-formaattia käyttämistä ja siihen liittyvistä ehdoista on julkaistu standardi ISO 14306:2012 (SFS Online 2019).



Kuva 7, JT-tiedonsiirtoformaatti NX-ohjelmistossa.

PMI-tietoa voidaan vielä siirtää käyttämällä natiivia tiedonsiirtoformaattia, Part.-formaattia, koska NX yhdistää ohjelmalla luodun tuotetiedon mallinnetun kappaleen geometriaan. Part.-tiedonsiirtoformaatti voidaan valita samasta valikosta, mistä JT-formaatti on valittavissa. Valikko on näkyvissä kuvassa 8.



Kuva 8, Part-tiedostoformaatin valitseminen.

3. MBD-MALLIN TEKEMINEN PMI-SOVELLUKSELLA

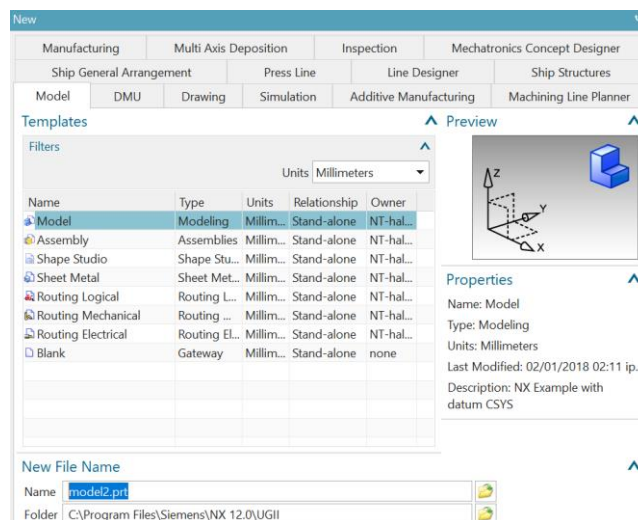
Tämä työ on tehty käyttämällä NX 12.0.1 versioita, johonka Tampereen Yliopistolla on lisenssit. Ensimmäiseksi työssä tarkastellaan, miten kappaleen mallinnus aloitetaan NX-ohjelmistolla. Tämän jälkeen, kun malli on luotu, tutkitaan tuotetiedon liittämistä PMI-sovelluksen avulla malliin ja perehdytään tuotetiedon hallintaan. Lopuksi esitetään suositeltavia toimenpiteitä toimivan PLM elinkaaren luomiseksi MBD mukaisesti.

3.1 Tutkittavan mallin luominen

Seuraavaksi käydään läpi, kuinka NX-ohjelmistolla voidaan aloittaa kappaleen mallintaminen ja mitä pitää huomioida ennen kappaleen mallintamista. Käytetään NX valmiiksi valittuna olevaa ISO standardin mukaista mallintamista.

3.1.1 Siemens NX:n käytön aloitus

Aloitetaan uuden mallin luominen valitsemalla *file*→*new*. Komennon jälkeen ruudulle aukeaa kuvan 9 mukainen näkymä. Kuvan esittämästä valikosta valitaan *Model*, nimikenttään (*Name*) syötetään haluttu tiedoston nimi ja *Folder*-valikkoon nimetään haluttu tallennuspaikka tiedostolle. Aloituksessa on hyvä valita *Units*-valikosta mallinnuksessa käytettävä yksikkö. Luotavan mallin yksiköksi on valittu millimetrit.

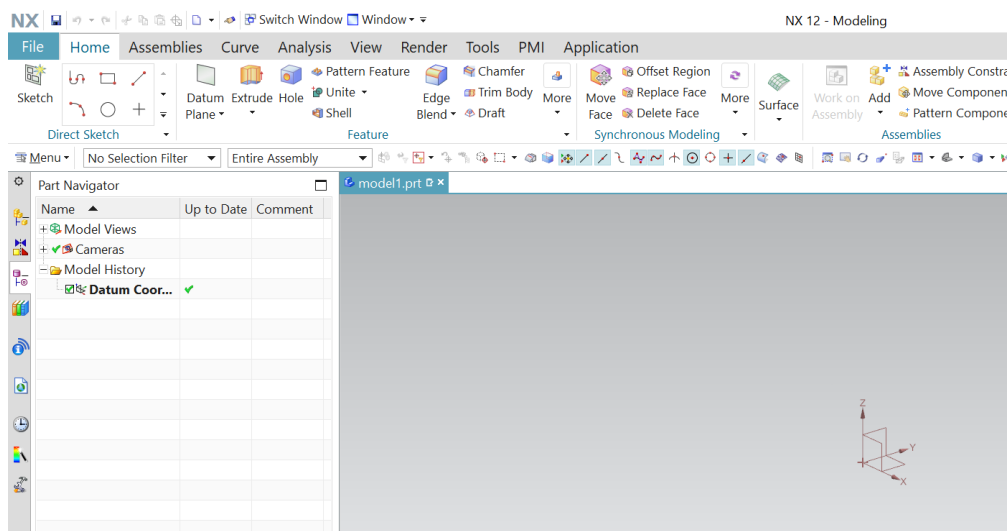


Kuva 9, uuden mallin luominen.

Kuvan aloitusvalikosta voidaan myös muokata yleisiä asetuksia, jotka löytyvät klikkaamalla hiiren vasemmalla painikkeella kuvan yläaidassa näkyviä välilehtiä. Luodaan tiedosto painamalla *Create*-kohtaa ikkunan alalaidassa.

Kun tiedosto on luotu aukeaa kuvan 10 mukainen aloitusnäky. Aloitusnäky-
mästä löytyy sinisellä pohjalla muokattava tiedosto, model1.prt. NX-tukee monen mallin samanaikaista muokkaamista ja tiedostojen välillä siirtyminen tapahtuu valitsemalla hiiren vasemmalla painikkeella haluttu tiedosto nimikeriviltä. Ylä-
laidasta löytyy tärkeimmät välilehdet, joita valitsemalla löytyy yleisimmät työkalut mallintamiseen, kokoonpanojen luomiseen, renderöintiin, tuotetiedon lisäämiseen ja luonnosteluun. *Application*-välilehdeeltä löytyy vielä lisää toimintoja ja näkymän vaihtaminen teknisen piirustuksen ja mallintamisen välillä tapahtuu *Application*-välilehden *drawing*- ja *modeling*-komentojen avulla.

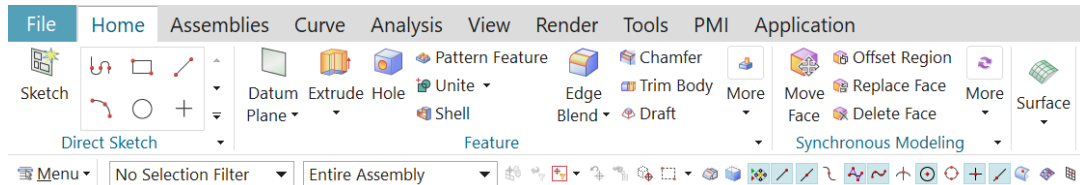
Kuvan 10 vasemmassa laidassa *Part Navigator* -ikkuna, josta löytyy mallin yleiset projektiot (*Modeling view*), projektista erilliset kuvat mallista (*Cameras*) ja mallinnushistoria (*Model history*). Mallinnushistoriaa kutsutaan työssä myöhemmin piirrepuuna. Piirrepuusta löytyy aikajärjestyksessä kaikki tehdyt komennot, tasot, koordinaatistot ja sketchit.



Kuva 10, aloitusnäky.

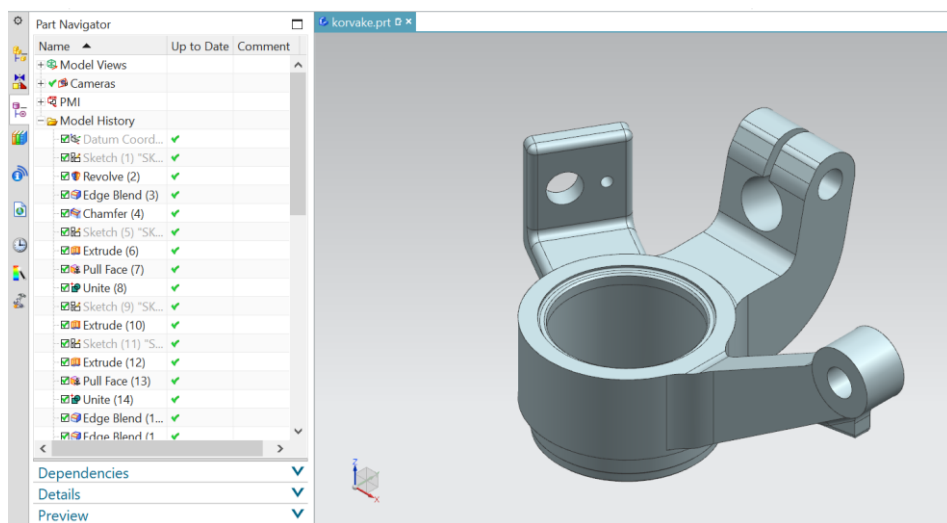
3.1.2 Nivelpäädyn mallintaminen

Mallinnetaan seuraavaksi nivelpäädyn 3D-malli Siemens NX -ohjelmistolla. Nivelpäädyn mallintaminen tapahtui käyttämällä *Home*-välilehdeltä löytyviä mallinuskomentoja. Kuvassa 11 näkyy *Home*-välilehdeltä nivelpäädyn mallintamisessa tarvittavat komennot.



Kuva 11, *Home*-välilehti ja nivelpäädynmallinuksessa tarvittavia komentoja.

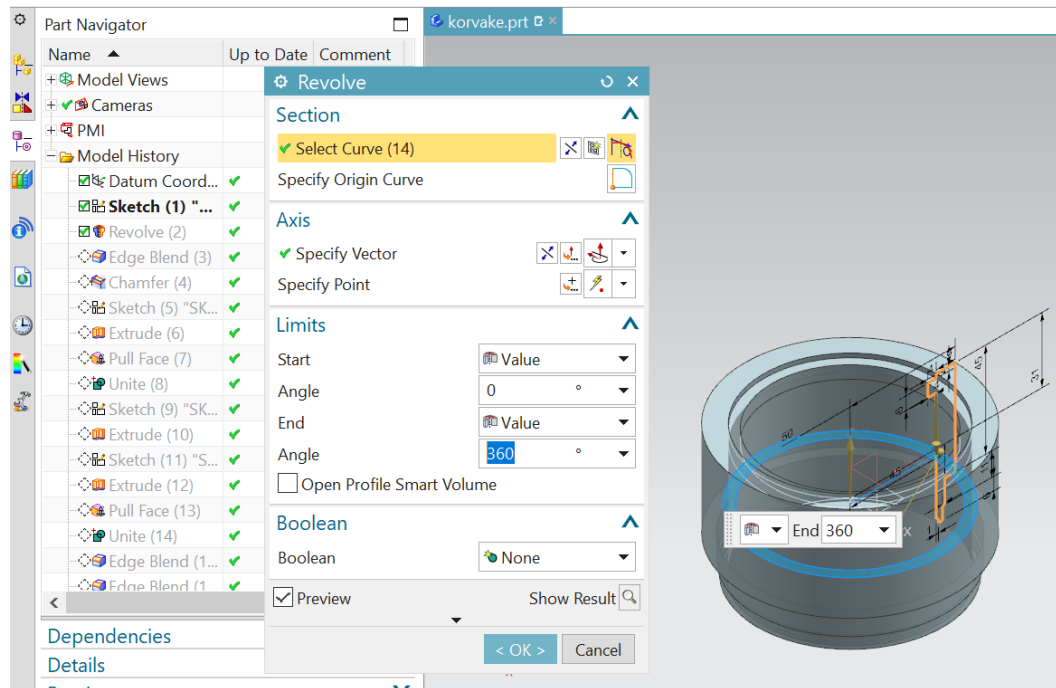
Nivelpäädyn mallintamiseen vaadittiin 44 eri komentoa. Nivelpääty on kappaleena suhteellisen yksinkertainen ja eikä sen mallinnusta ole sen enempää käsitelty. Valmis nivelpääty on esitetty kuvassa 12. Kuvan vasemmassa laidassa olevassa piirrepuusta näkyy tarkemmin mallinnuksen eri vaiheet ja luodut piirteet.



Kuva 12, *valmis nivelpääty.*

Tuplaklikkaamalla vasemman laidan piirrepuusta jotakin piirrettä siirtyy ohjelmisto mallinnushistoriassa kohtaan, jolloin piirre on luotu. Piirteeseen tehdyt muutokset päivittyvät tämän jälkeen, ja ohjelmisto mukauttaa piirteeseen tehdyt muutokset muiden piirteiden kanssa. Piirrepuussa esiintyvät piirteet ovat aikajärjestyksessä: ensimmäinen kohta on pyöräytystä varten tehty sketch ja viimeinen Extrude-komennolla suoritettu leikkaus nivelpäädyn ulokkeesta.

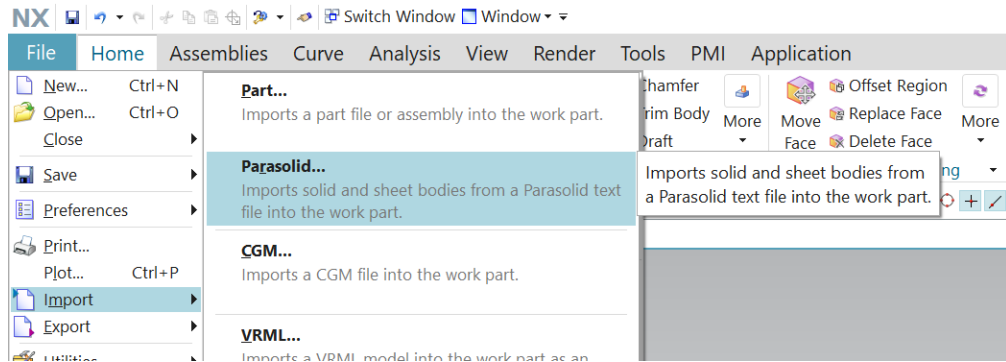
Kuvassa 13 on muutettu nivelpäädyn mallinpohjana luotua laakeripesän pyöräytyksen profiilia. Vasemmassa laidassa nähdään, että muut piirteet eivät ole aktiivisia ja ohjelmisto on palannut piirrepuussa kohtaan, jolloin komento on luotu.



Kuva 13, nivelpäädyn mallinnusta

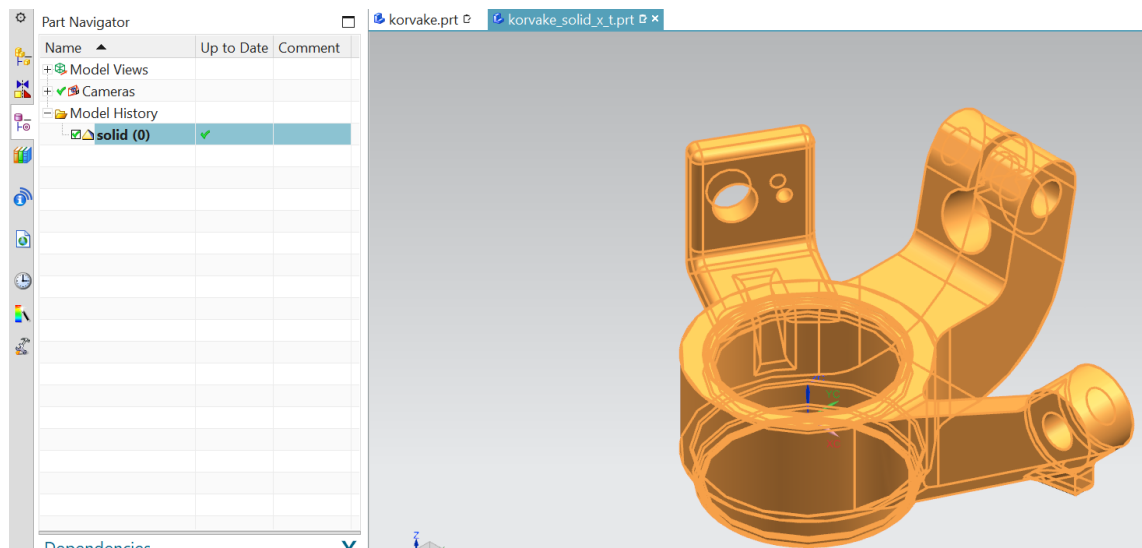
Suosittelavaa on tuoda mallista erillinen solid-kappale ennen tuotetiedon lisäämistä kappaleeseen. Tällöin mallinnettuun kappaleeseen ei pysty tekemään muutoksia yllä kuvatulla tavalla. Tämä on hyvä käytäntö, jos mallinnettua nivelpäätä jaetaan eri tasojen kesken MBD mukaisesti. Tällöin voidaan mahdollisesti välttyä mahdollisilta riskeiltä, jotka voivat muuttaa kappaleen geometria virheelliseksi, kun eri tahot käsittelevät kappaleen mallia.

Parasolid-kappaleen vieminen mallista tapahtuu kuvan 14 valikosta. Valikon saa auki valitsemalla *File*→*Export*→ *Parasolid*. NX-ohjelmisto pyytää tämän jälkeen näyttämään näytöltä tuotavan geometrian ja nimeämään tiedoston tallennusta varten.



Kuva 14, parasolid-tiedoston luominen.

Kuvassa 15 on esitetty parasolidina tuotu nevelpäädyn 3D-malli. Kuvasta näkyy, että piirrepuussa on enää yksi elementti, Solid. Piirrepuusta ei voida enää muokata yksittäisiä piirteitä, vaan tehtävät muutokset on joko tehtävä pinta- tai mallinnuskomentojen avulla. Malliin tehdyt muutokset näkyvät silloin piirrepuussa Solid-tekstin alla.



Kuva 15, parasolid-malli nivelpäädystä.

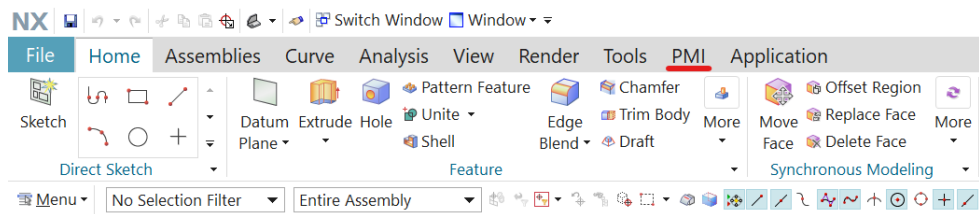
Tässä työssä käsitellään alkuperäistä mallia, eikä mallista tuotua parasolid-tiedostoa, koska PMI-komennot eivät poikkea natiivissa tiedostomuodossa toisistaan. Tämä on kuitenkin suositeltava käytäntö, jos yritys jakaa mallejansa ulkopuolisille, muun muassa alihankkijoille. Alkuperäinen malli antaa arvokasta tietoa siitä mitenkä yritys on suunnitellut ja toteuttanut tuotteensa.

3.2 PMI-sovelluksen käyttö

PMI-sovellus on Siemensin kehittämä työkalu, joka mahdollistaa MBD tekemisen ja tuotetiedon lisäämisen 3D-malliin suoraan. Seuraavaksi on esitelty PMI-sovelluksen käyttöä yleisesti ja käyty läpi PMI:n käyttöön liittyviä asioita. Ensiksi kerrotaan, mitä tulee huomioida PMI:n käytön aloituksessa ja käsitellään tuotetiedon lisäämistä 3D-malliin PMI-sovelluksen avulla. Lopuksi todennetaan luodun tiedon siirtäminen STEP242-formaatin avulla eri ohjelmien välillä.

3.2.1 PMI:n käytön aloitus

PMI:n käyttäminen aloitetaan aktivoimalla PMI-sovellus *Application*-välilehdeltä valitsemalla ensimmäisestä sarakkeesta kohta *PMI* hiiren vasemmalla painikkeella. Tämän jälkeen välilehtivalikosta löytyy PMI-välilehti, alleviivattu kuvassa 16 punaisella.

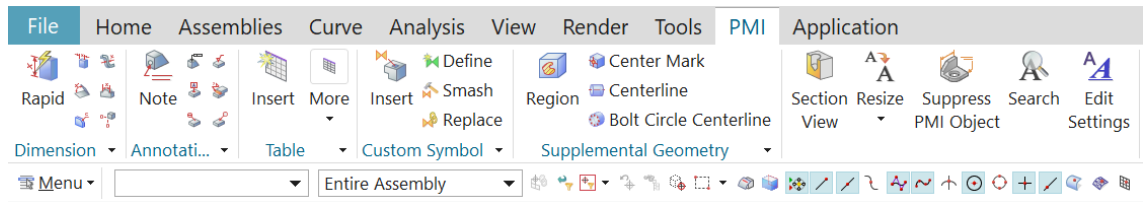


Kuva 16, PMI-välilehti sovelluksen aktivoinnin jälkeen.

Kuvassa 17 on esitetty PMI-välilehti ja siltä löytyvät komennot/toiminnot. Välilehdeltä löytyy oleelliset työkalut tuotetiedon liittämiseen 3D-malliin. *Rapid*-komennolla mitoitus on nopeinta ja sillä on hyvä aloittaa tuotetiedon lisääminen malliin. Muut mittojen ilmoittamisessa tarvittavat työkalut löytyvät pienemmällä merkitynä samasta sarakkeesta kuin *Rapid*-komento.

Vasemmalta luettuna toisessa sarakkeessa on tarvittavat komennot muistiinpanojen, geometristen toleranssien, osanumeroiden, pinnanlaatujen ja hitsilaatujen merkitsemiseen kappaleeseen. Kolmannessa sarakkeessa on taulukon luomiseen tarkoitettu komento. Taulukoiden muokkaamiseen tarvittavat komennot löytyvät laajennutusta More-valikosta. Valikon avaaminen tapahtuu painamalla hiiren vasemmalla painikkeella mustasta kolmiosta.

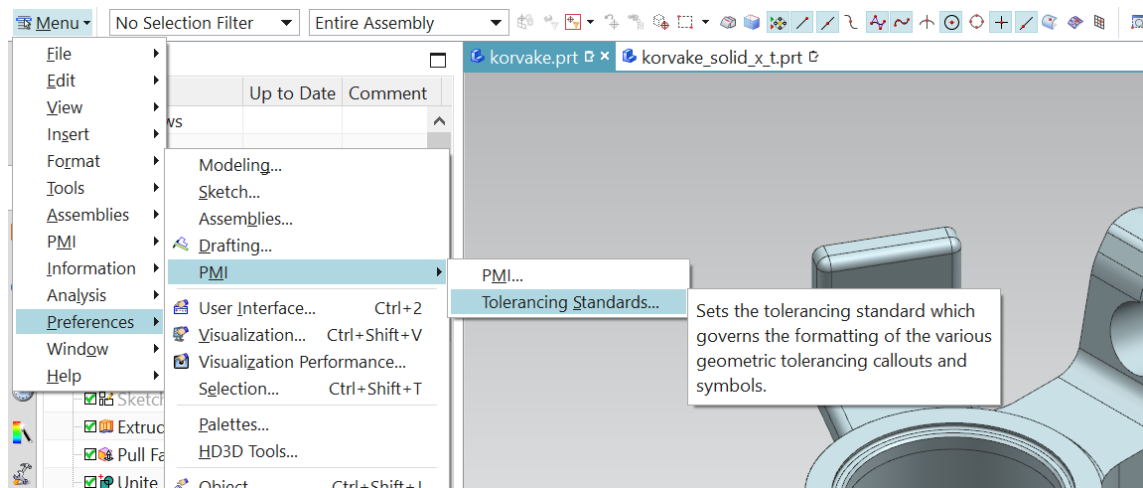
Kuvassa 17 vasemmalta luettuna viidennessä sarakkeessa on keskiviivojen ja -merkkien tekemiseen käytettävät komennot. Samassa sarakkeessa on myös *Region*-komento, jolla onnistuu kappaleen pinnan rajaaminen osiin tarvittaessa.



Kuva 17, PMI-välilehti.

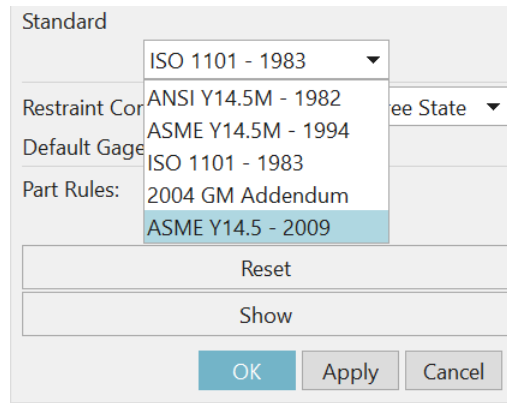
PMI-välilehdellä on vielä seuraavat komennot: *Section view*-komento, joka luo leikkauksen halutusta suunnasta; *Reshape*-komento, jonka avulla jo luotujen tuotetietojen fonttikokoa voi muuttaa nopeasti; *Search*-toiminto haetun tuotetiedon löytämiseksi, ja yleiset PMI-asetukset avautuvat erilliseen valikkoon *Edit settings*-komennosta.

PMI-sovelluksen käytön kannalta on oleellista määritellä ennakkoasetukset oikein. Tuotetiedon merkitsemisestä malliin ja teknisiin piirustuksiin on säädetty standardit, standardit on esitelty lyhyesti kappaleessa MBD:ssä esiintyvät standardit. PMI mittojen ja toleranssien standardeja pystyy muokkaamaan valitsemalla *Menu*→*Preferences*→*PMI*→*Tolerancing Standards*. Kuvassa 18 on esitetty valikko, josta PMI:hin liittyviä standardeja voidaan muokata.



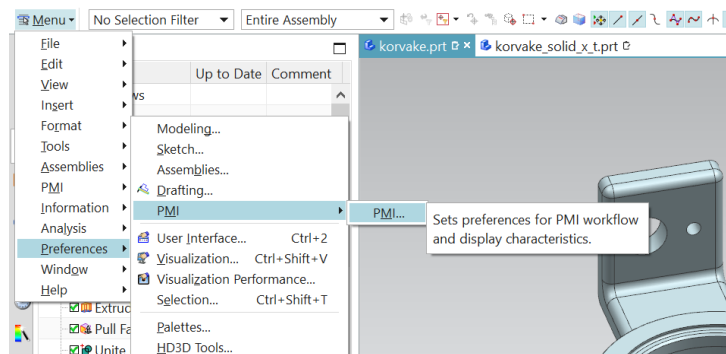
Kuva 18, PMI standardien vaihtaminen.

Painamalla hiiren vasemmalla painikkeella kohtaa *Tolerancing standards* aukeaa kuvan 19 mukainen valikko. Valikosta voi valita, mitä standardia PMI-sovellus käyttää mittojen ja toleranssien merkitsemisessä.



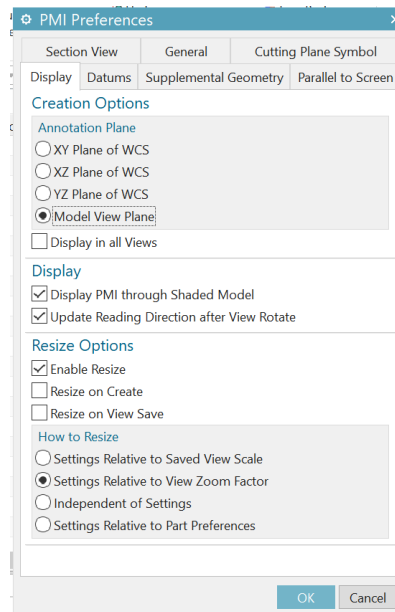
Kuva 19, PMI valittavat standardit.

Siemens NX -ohjelmistossa on määriteltynä kuvassa 19 näkyvät standardit. Työssä on käytetty jo valmiiksi oletuksena määritettyä ISO 1101 -standardia. Toinen valikko, josta voidaan muokata luotavien PMI-merkintöjen muotokieltä, löytyy puolestaan menemällä *Menu*→*Preferences*→*PMI*. Kuvassa 20 on esitetty, mistä PMI-muotoasetukset löytyvät NX-ohjelmistossa.



Kuva 20, PMI-muotoasetukset.

Painamalla hiiren vasemmalla painikkeella PMI-kohtaa aukeaa Kuvan 21 mukainen valikko. Valikosta pääsee vaikuttamaan PMI-tiedon visuaaliseen esitykseen, mittojen ja toleranssien orientaation koordinaatistossa, yleisiin asetuksiin, geometrisien toleranssien merkintöihin ja leikkausten asetuksiin.



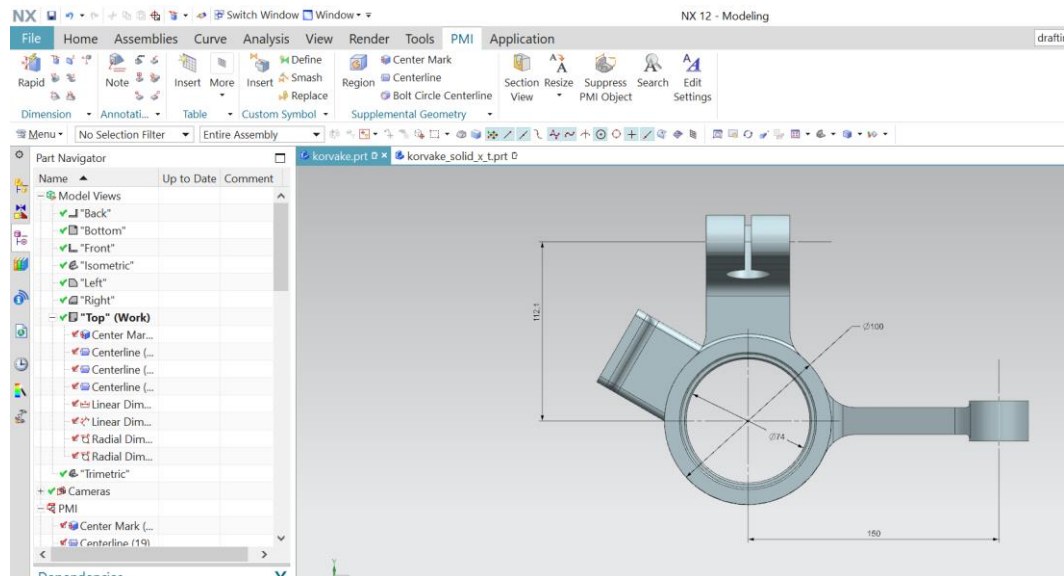
Kuva 21, PMI muotoasetukset.

Tässä työssä on käytetty NX:n oletusasetuksia, mitkä näkyvät yllä esitettyissä kuvissa. Siemens tarjoaa käyttäjälle laajat mahdollisuudet muokata ohjelmiston asetuksia ja monet maailmalla teollisuudessa käytettävät standardit ja merkinnät löytyvät ohjelmasta valmiina. Ohjelmistoon pystyy tuomaan myös omat asetukset *Import*-komennon avulla, tämä helpottaa valmiiden tiedostopohjien siirtämistä muun muassa yrityksen eri lisenssien ja koneiden välillä.

3.2.2 PMI:n käyttö ja sen ominaisuuksia

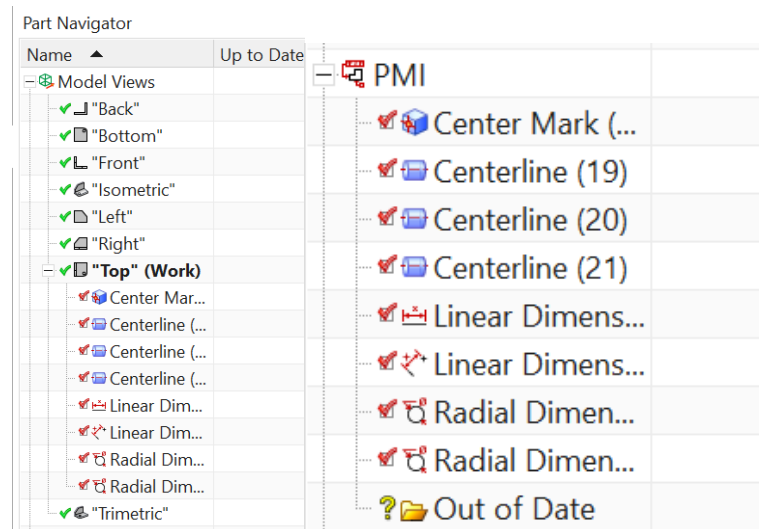
Mittojen ja toleranssien lisäämisen aloitus kannattaa aloittaa *Rapid*-komennolla. *Rapid*-komento löytyy *PMI*-välilehden oikeasta ylälaidasta. Komennon aktivoiminen avaa näytölle *Rapid Dimension* -valikon. Valikossa määritellään aluksi mitan alku- ja loppupiste näyttämällä ne kappaleesta hiiren vasenta painiketta käyttämällä. Samasta valikosta voidaan yhdistää samanlaiset piirteet/ geometriat valitsemalla *Rapid dimensioning* -valikosta kohta *Associated Objects* ja näyttämällä yhdistettävät piirteet kappaleesta käyttämällä hiiren vasenta painiketta. *Measurement*-kohdasta käyttäjä voi vaihtaa *Rapid*-komennon mitoituseriaa. Valittavia vaihtoehtoja on niin suoran kuin halkaisijan merkitsemiseen. Mitoituseriaa on hyvä valita mitoitettavan piirteen mukaisesti, esimerkiksi reiän halkaisijan mitoitukseen kannattaa valita *Measurement*-kohdasta *Diameter*. Tällöin ohjelmisto lisää automaattisesti halkaisijamerkin luotavan mitan eteen.

Kuvassa 22 on esitetty kappaleen top-projektioon *Rapid*-komennolla lisättyjä mittoja, kuten ulokkeiden reikien keskipisteiden etäisyys nivelpäädyn laakeripesän keskipisteestä.



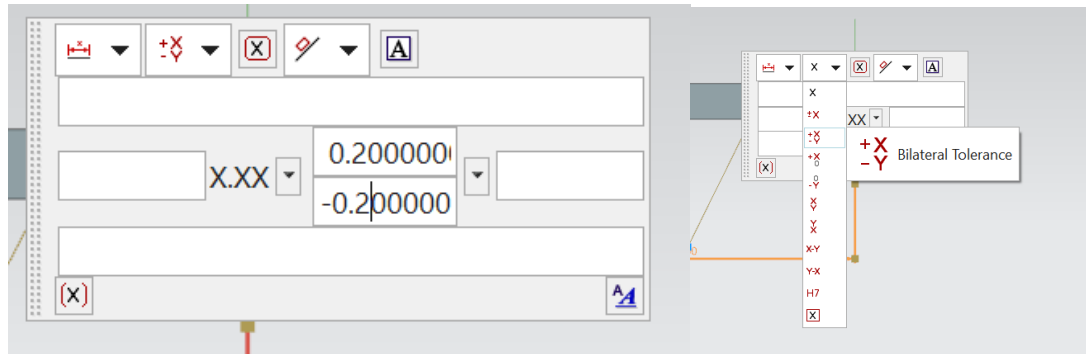
Kuva 22, mittojen lisääminen 3D-malliin.

PMI:llä luodut mitat tulevat näkyviin *Part Navigator* -ikkunassa niin *Model Views* -kohtaan kuin PMI-kohtaan. *Model View* -osassa liitetty tuotetieto on esitetty aina projektiokohtaisesti. Projektiokohtaiset 3D-malliin liitetyt tuotetiedot saa näkyviin painamalla hiiren vasemmalla painikkeella projektion nimen edessä olevaa plus-merkkiä. Kuvassa 23 on esitetty laajennettu Top-projektio, jossa näkyy projektiioon liitetty tuotetieto. Kuvassa 23 on myös esitetty *Part Navigator* -ikkunasta löytyvä erillinen PMI-kohta, jossa näkyy kaikki malliin liitetty tuotetieto.



Kuva 23, Projektioon liitetyt tuotetiedot.

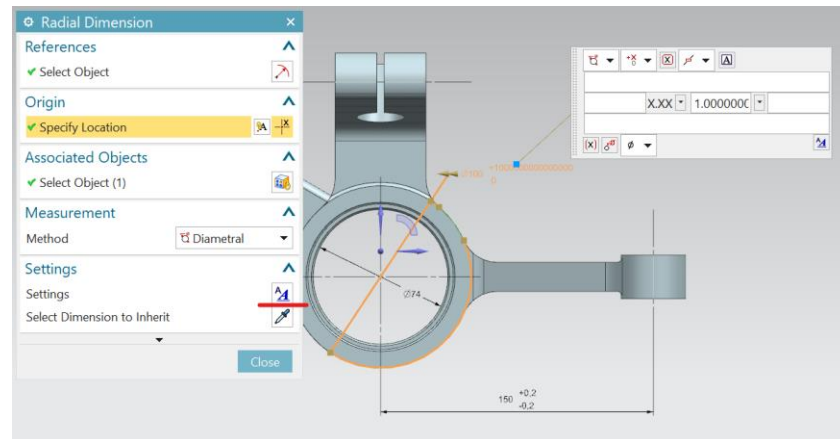
Toleranssien lisääminen tapahtuu luomalla ensiksi mitta, johonka toleranssi halutaan lisätä ja sen jälkeen aktivoimalla mitta tuplaklikkaamalla hiiren vasemmalla painikkeella. Tämä aukaisee kuvan 24 mukaisen ikkunan. Laajentamalla auenneesta ikkunasta vasemmalta luettuna toisen listan, voi käyttäjä valita mittaan lisättävän toleranssi tyyppin. Valinnan jälkeen käyttäjä voi määrittellä kuvassa 24 vasemmasta näkymästä halutun toleranssin. Työssä on käytetty yleisesti toleranssien rajoina kahta millimetrin kymmenystä.



Kuva 24, toleranssin lisäämien mittaan.

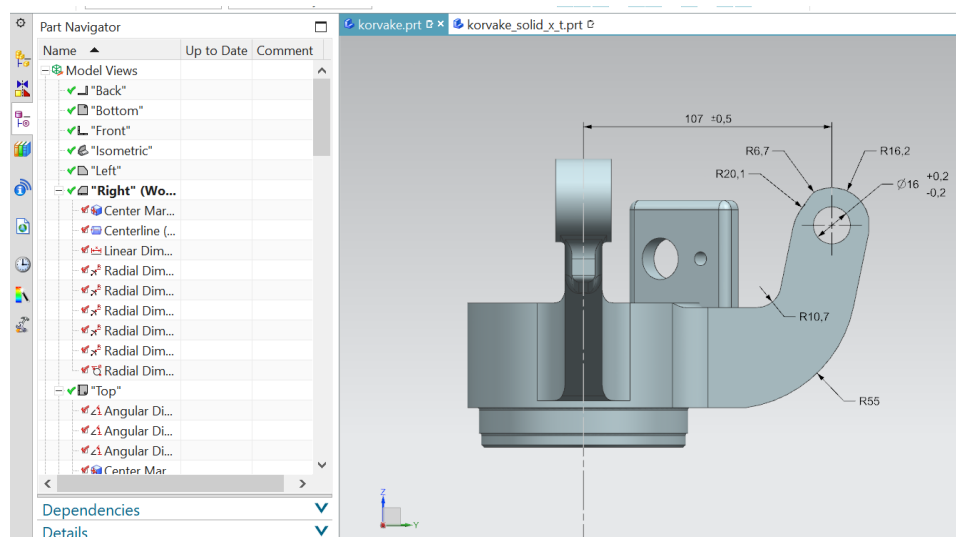
Kuvan 24 ikkunasta voidaan myös mittaan lisätä muita merkintöjä, joko mitan ylä-, ala, etu- tai takapuolelle kirjoittamalla X.XX ympärillä näkyviin valkoisiin kenttiin haluttu informaatio. Esimerkiksi, jos mitoitus liittyy reikään ja samanlaisia reikiä on useita voi käyttäjä kirjoittaa X.XX:n etupuolella olevaan valkoiseen kenttään reikien lukumäärän ja kertomerkin (X). Tällöin käyttäjän ei tarvitse lisätä mittaa jokaiselle reiälle erikseen, ja MBD-näkymä pysyy selkeämpänä.

Mittojen ulkoasua ja muotoilua pääsee muokkaamaan tuplaklikkaamalla hiiren vasenta painiketta mitan päällä. Aukeavasta valikosta valitsemalla *settings*, alleviivattu punaisella värillä kuvassa 25. Tämän jälkeen näytölle aukeaa *Rapid Dimension Setting* -näkymä. Auenneesta valikosta voi muuttaa yleisimpiä mitan asetteluun, muotoiluun ja orientaation liittyviä asetuksia.



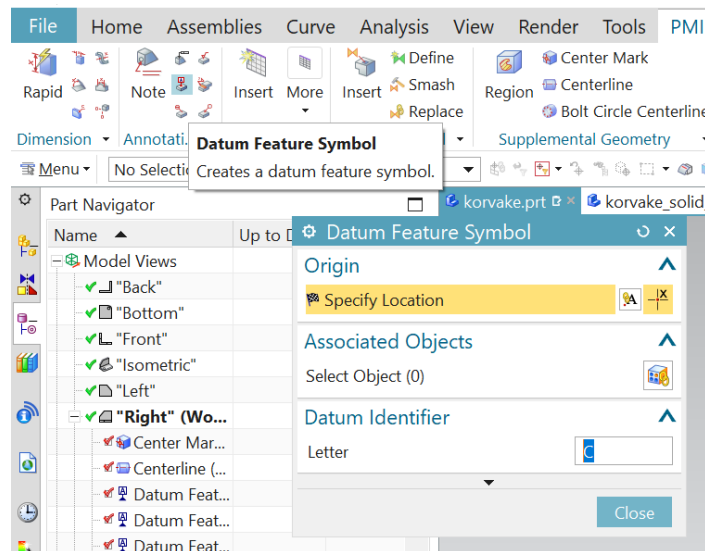
Kuva 25, Settings-valikon avaaminen.

PMI-mitoituksessa mitat ovat sidoksissa valittuun mallin projektiioon. Toiseen projektiioon tehtävä mitoitus ei täten vaikuta tai näy muissa projektiioissa, jos sitä ei erikseen sallita. Kuvassa 26 näkyy kappaleen oikean puolen projektiioon tehtyt nivelpäädyn ulokkeiden mitat ja toleranssit. Kuvan vasemmassa laidassa näkyy, kuinka PMI:ssa tapahtuva mitoitus on sidoksissa valittuun näkymään (View).



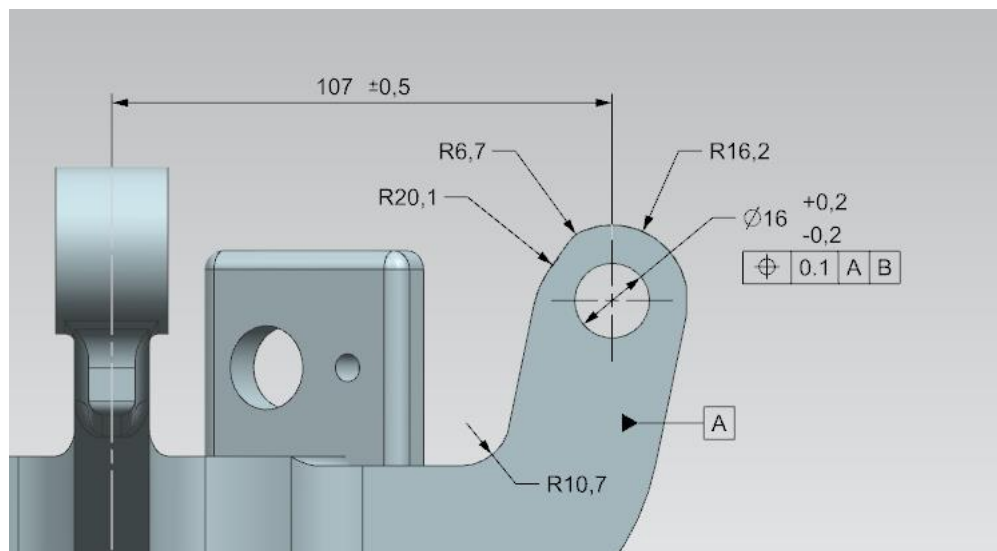
Kuva 26, Mittojen ja toleranssien lisääminen projektiioon.

Geometristen toleranssien lisääminen tapahtuu käyttämällä PMI-välilehdeltä toisesta sarakkeesta löytyvää komentoa *Datum Feature Symbol*. Kuvassa 27 on näytetty, miten geometrisen toleranssin luominen aloitetaan. Kuvan valikosta nähdään, että ensiksi tulee määritellä datumin paikka, tämä tapahtuu painamalla hiiren vasemmalla painimella haluttua pintaa tai tasoa. Tämän jälkeen *Datum Identifier* -kohtaan syötetään haluttu kirjain. Kuvassa 27 on syötetty C-kirjain.



Kuva 27, geometrysten toleranssien lisääminen.

Kun datum on luotu, voidaan lisätä geometrinen toleranssi tai paikoitus käyttämällä PMI-välilehdeltä löytyvää *Feature Control Frame* -komentoa. Komennon aktivointi hiiren vasemmalla painikkeella avaa valikon mistä voidaan määritellä geometrisen toleranssin sijainti, tyyppi, datum-viittaukset ja yhdistettävät kohteet. Kuvassa 28 on nivelpäädyn ulokkeelle luoto geometrinen toleranssin liittyen reiän paikoitukseen.

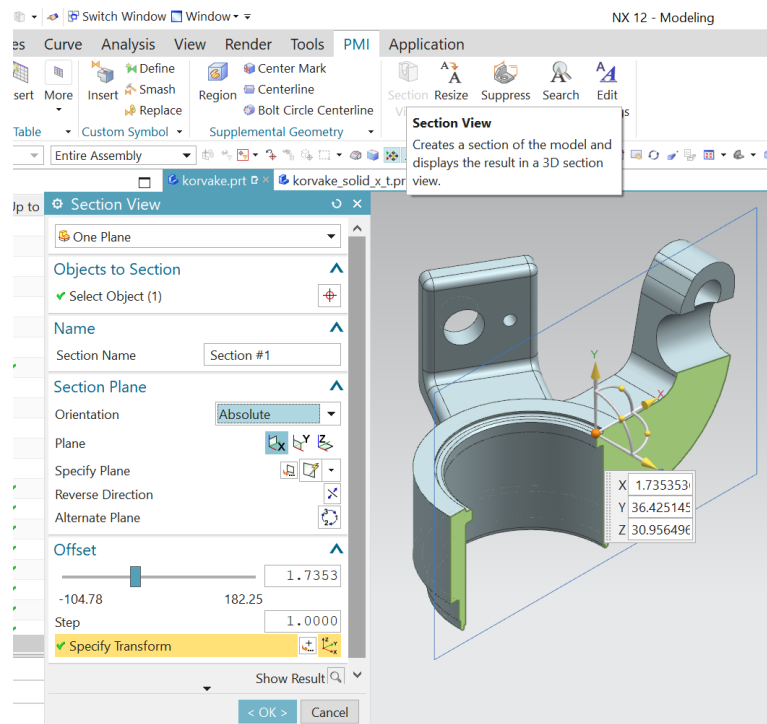


Kuva 28, Nivelpäädyn ulokkeen mitoitusta.

Teknisissä piirustuksissa on melkein aina esitetty leikkauksia eri suunnista muuten 2D-projektiossa piiloon jäävien piirteiden esittämiseksi. 3D-mallissa näitä kohtia on huomattavasti vähemmän, mutta leikkauksia tarvitaan esittämään

muun muassa umpinaisten kappaleiden sisälle jäävien piirteitä tai mallin mitoituksen selkeyttämiseksi. Seuraavaksi on luotu leikkaus nivelpäädystä nivelpäädyn laakeripesän geometrian tarkempaa esittämistä varten.

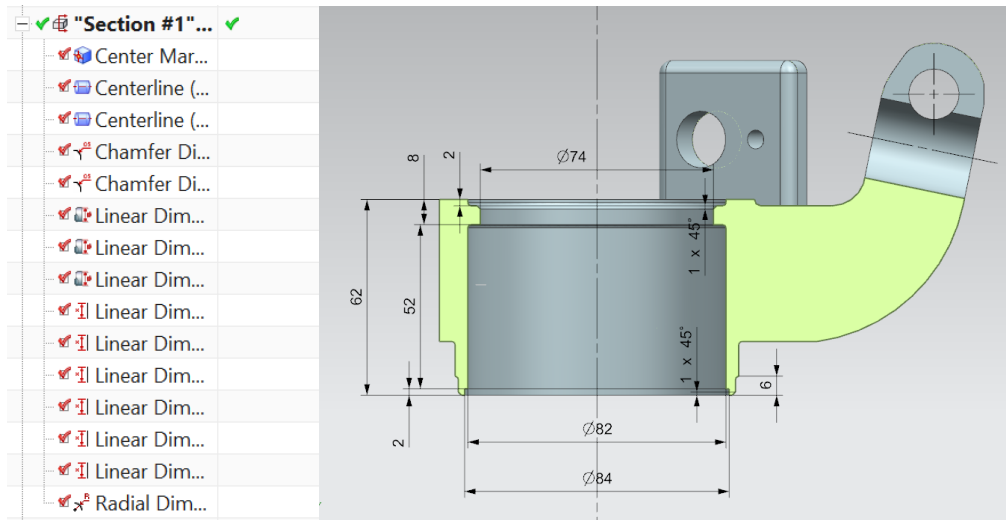
Nivelpäädystä tehdään leikkaus käyttämällä PMI-välilehdeltä löytyvää *Section View*-komentoa. Kuvassa 29 on esitetty, mistä komento löytyy välilehdeltä ja min-käläinen valikko aukeaa komennosta.



Kuva 29, leikkauksen luominen PMI-työkalulla.

Kuvassa 29 näkyvästä *Section View* -näköymästä voidaan säätää leikkauksen tyyppiä laajentamalla kuvassa näkyvä *One Plane* -valikko. Erilaisia valittavia leikkaustyyplejä on muun muassa *Paraller Plane* ja *Box*. *Section Plane* -kohdasta puolestaan valitaan leikkauksella haluttu koordinaatisto, absolute tai work, ja *Plane* -kohdasta puolestaan haluttu leikkaustason orientaatio X-, Y- tai Z-tason mukaiseksi. Valitun tason voi olla myös käyttäjän itsemäärittämä. Tällöin tulee luoda taso haluttuun kohtaan käyttämällä *Home*-välilehdeltä löytyvää *Add Plane* -komentoa. Leikkauksen poikkeamaa voidaan säätää kuvassa 29 näkyvällä *Offset*-arvolla. Nivelpäädyn leikkaus on määritelty työkoordinaatiston X-tason mukaisesti.

Kuvassa 30 on esitetty leikkaukseen tehtyä nivelpäädyn mitoitus. Leikkauksen tekeminen lisää automaattisesti uuden näkymän leikkaukselle *Part Navigator* -ikkunan *Work View* -kohdan alle, näkyvissä kuvan vasemmassa laidassa.

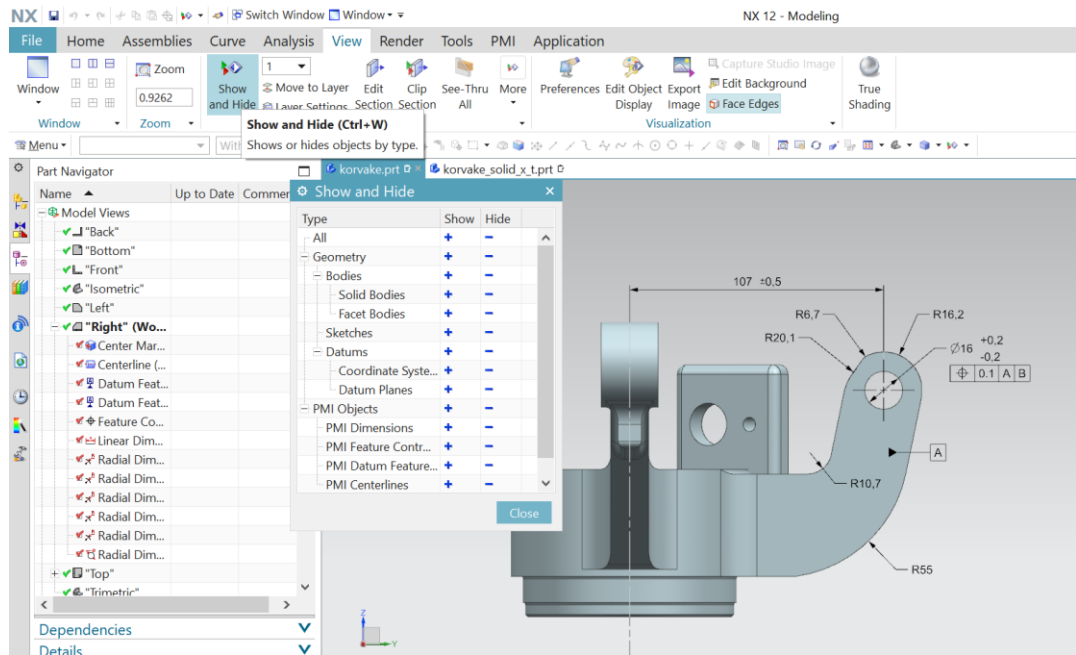


Kuva 30, nivelpäädyn leikkaus ja sen mitoitus.

3.2.3 PMI-tietojen näkyvyyden hallinta

Jotta malliin liitetyn tuotetiedon käyttäminen tukisi MBD mukaista tiedon määrittämistä ja jakamista on 3D-malliin liitettyä tuotetiedon näkymistä pystyttävä hallitsemaan tehokkaasti. Siemens NX -ohjelmistossa tuotetiedon hallintaan on muutama eri vaihtoehto. Seuraavaksi käymme läpi, kuinka hallita malliin liitettyä tuotetietoa niin kokonaisuutena kuin yksitän.

NX-ohjelmistossa näkyvää informaatiota voidaan hallita yleisesti *View*-välilehdeltä löytyvällä *Show and Hide* -komennolla. Komennon painaminen hiiren vasemmalla painikkeella avaa kuvassa 31 näkyvän valikon. Avautuneesta valikosta voidaan muun muassa PMI-tiedon lisäksi hallita tasojen ja bodien näkyvyyttä. Painamalla *Show*-sarakeessa näkyviä plusmerkkejä halutun selitteen kohdalla, näkyy selitteen mukainen informaatio näytöllä. Puolestaan *Hide*-sarakeen vähennysmerkkejä painamalla piilottaa ohjelma valitun informaation näytöltä.

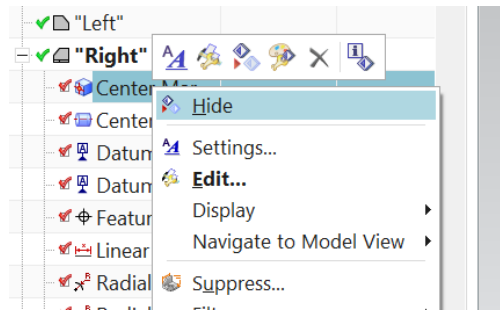


Kuva 31, *Show and hide* komennolla voi määrittää PMI-tietojen näkyvyyttä.

Show and Hide -valikosta voidaan hallita seuraavia PMI-elementtejä: *dimension*, *notes*, *feature control frames*, *datum feature symbols*, *centerlines*, *cutting plane symbols*.

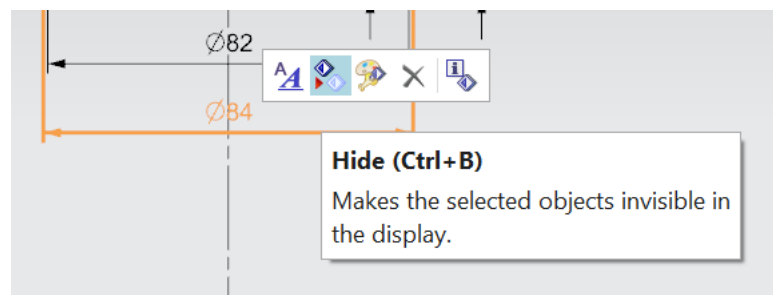
Malliin liitetyn tuotetiedon voi myös piilottaa käyttämällä PMI-välilehdeltä viiden-
nestä sarakkeesta löytyvän *Suppres PMI Object* -komennon avulla. Painamalla
komentoa hiiren vasemmalla painikkeella kerran aukeaa näytölle valikko, joka
pyytää käyttäjää osoittamaan piilotettavat PMI-kohteet. PMI-kohteet voi joko va-
lita näytöltä tai *PMI*-kohdasta *Part Navigator* -ikkunassa. Piilotetut kohteet saa
taas näkyviin vasemman laidan *Part Navigator* -ikkunasta painamalla hiiren va-
semmalla painikkeella yksittäisen PMI-tiedon edessä olevaa ruutua.

Yksittäisen PMI-tiedon voi myös puolestaan piilottaa *Hide*-komennon avulla.
Hide-komento löytyy painamalla *Part navigator* -ikkunassa haluttua PMI-tietoa
hiiren oikealla painikkeella, esitetty kuvassa 32. Painamalla komentoa hiiren va-
semmalla painikkeella piilottaa ohjelma valitun kohteen näytöltä. Piilotetun koh-
teen saa takaisin näkyväksi valitsemalla *Part navigator* -ikkunasta piilotetun koh-
teen ja painamalla hiiren oikealla painikkeella, ja valitsemalla avautuneesta vali-
kosta *Show*-komento.



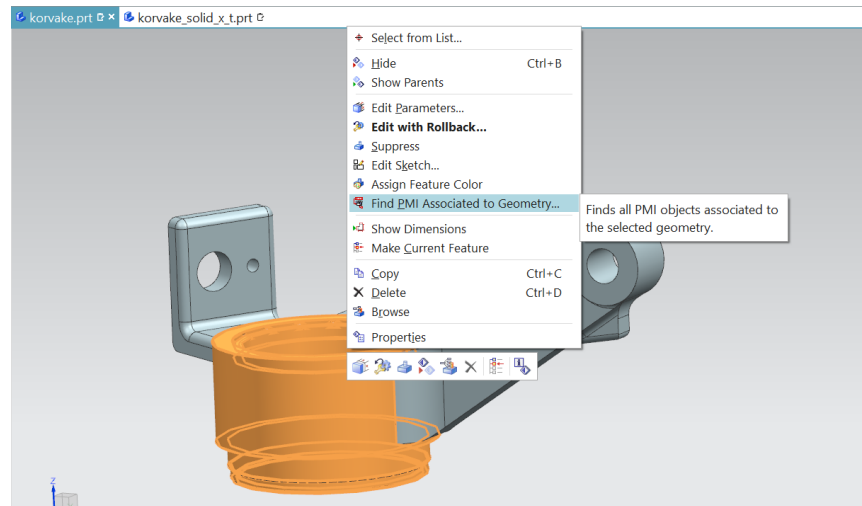
Kuva 32, yhden mitan piilottaminen työnäkymästä.

Piilotettavan yksittäisen PMI-tiedon tai muun kohteen voi myös piilottaa näytöltä aktivoimalla haluttu mitta painamalla mittaa kerran hiiren vasemmalla painikkeella ja valitsemalla kuvassa 33 esitetty *Hide*-symboli. Painamalla symbolia hiiren vasemmalla painikkeella piilottaa ohjelma sen näytöltä. Mallista piilotetun mitan tai muun elementin saa näkyväksi yllä mainitulla tavalla käyttämällä *Part Navigator* -ikkunaa.



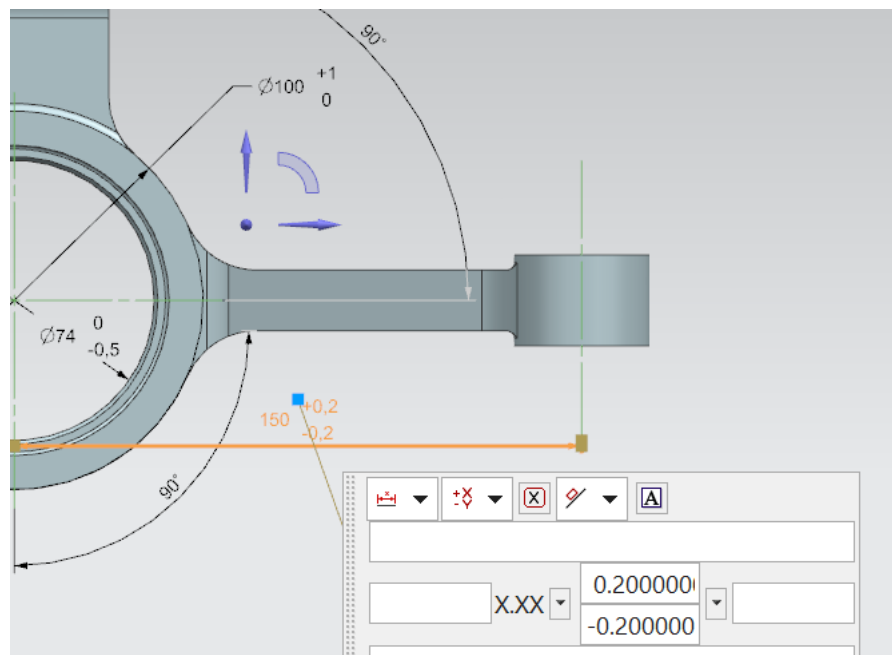
Kuva 33, mitan piilottaminen näytöltä.

Malliin tehtyjen PMI-tiedon etsimiseen voidaan käyttää kahta eri tapaa, joko käyttää jo aikaisemmin mainittua PMI-välilehdeltä löytyvää *Search*-komentoa tai valitsemalla 3D-mallista geometria ja valitsemalla hiiren oikealla painikkeella aukeavasta valikosta komento *Find PMI Associated to Geometry*. Tämä komento tuo esille kaikki valittuun geometriaan liitetyt tuotetiedot. Kuvassa 34 on esitetty nivelpäädyn laakeripesään liitetyn tuotetiedon etsiminen geometrian avulla.



Kuva 34, PMI-tietojen etsiminen kappaleen geometrian avulla.

Tuplaklikkaamalla hiiren vasenta näppäintä halutun mitan tai toleranssin kohdalla voidaan sen orientaatiota muuttaa kuvassa 35 näkyvästä sinisestä koordinaatistosta. Orientaation muuttaminen tapahtuu valitsemalla suunta, johonka mittaa halutaan siirtää tai pyörittää hiiren vasemmalla painikkeella sinisessä koordinaatistossa. Orientaation muuttaminen on muun muassa tarpeellista silloin kuin mitoitus tapahtuu esimerkiksi isometrisestä projektiosta ja käyttäjä haluaa saada kaikki mitat selkeästi luettavaksi. Oletuksena luotu mitta on orientoitu mitoitettavan sivunmukaisesti tai projektiota vasten kohtisuorassa riippuen valitusta projektiosta.



Kuva 35, PMI-tiedon orientaation muuttaminen

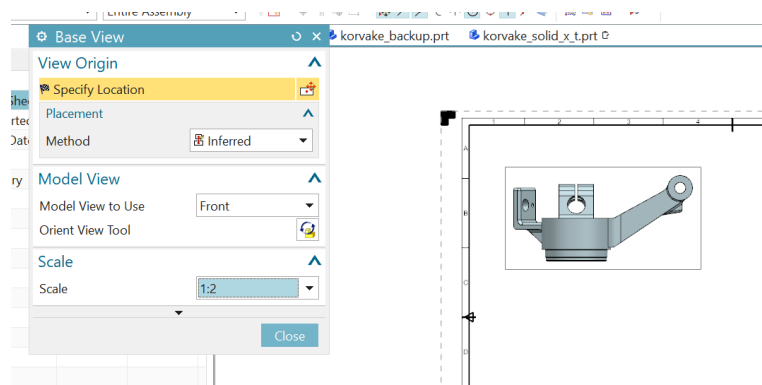
3.3 MBD ja tekniset piirustukset

Siemens NX-ohjelmistossa PMI-sovelluksen avulla luotua tuotetietoa voidaan käyttää ohjelmistossa sekä 3D-mallin puolella kuin 2D-tekni-
sten piirustusten tekemiseen *Drawing*-sovelluksessa. MBD mukainen 3D-mallin määrittely nopeuttaa huomattavasti tekni-
sten piirustusten tekemistä mallista. Hyvin määritellystä 3D-mallista voidaan Siemens NX-ohjelmistolla tehdä 2D-työkuvat vain muutamalla hiiren painalluksella. Seuraavaksi on käsitelty, kuinka voidaan luoda NX-ohjelmalla tekninen piirustus käyttämällä hyväksi 3D-malliin liitettyä tuotetietoa ja kuinka NX-ohjelmalla voidaan luoda MBD mukainen määritelty 3D-malli jo olemassa olevan teknisen piirustuksen avulla.

3.3.1 Tuotetiedon vieminen 3D-mallista ja teknisen piirustukseen

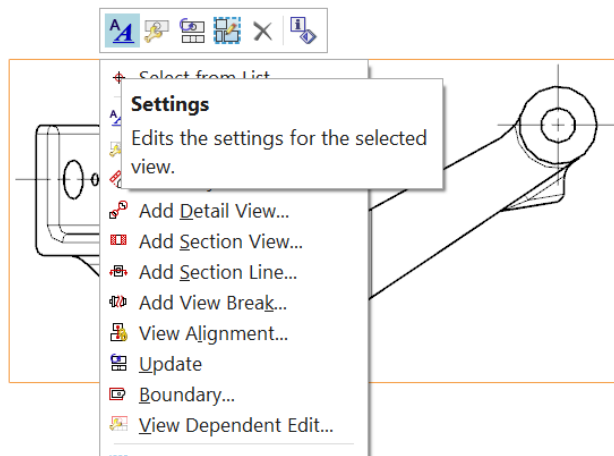
Tuotetiedon tuomista 3D-mallista tekniseen piirustukseen tutkimista varten luodaan ensiksi piirustus pohja käyttämällä Siemens NX -ohjelman valmiita dokumenttipohjia. Valitsemalla välilehdeltä *Aplication* → *Design* sarakkeesta *Drafting*-sovellus. Ohjelma luo nyt uuden teknisen piirustus pohjan. Ohjelmalle tulee määritellä haluttu piirustuksen koko, tiedot ja oletusasetukset. Tässä työssä on käytetty A3 kokoista valmiiksi määriteltyä dokumenttipohjaa ja mallin ja piirustuksen väliseksi suhteeksi on määritelty yhden suhde kahteen.

Seuraavaksi valitaan haluttu projektio, jonka tuotetietoa halutaan tuoda mallinpuolelta piirustuspuolelle. Valitaan nivelpäädyn etuprojektio tutkittavaksi kohteeksi, koska siihen on valmiiksi liitetty PMI-tietoa mallin puolella. Kuvassa 36 on nähtävissä valittu projektio nivelpäädystä.



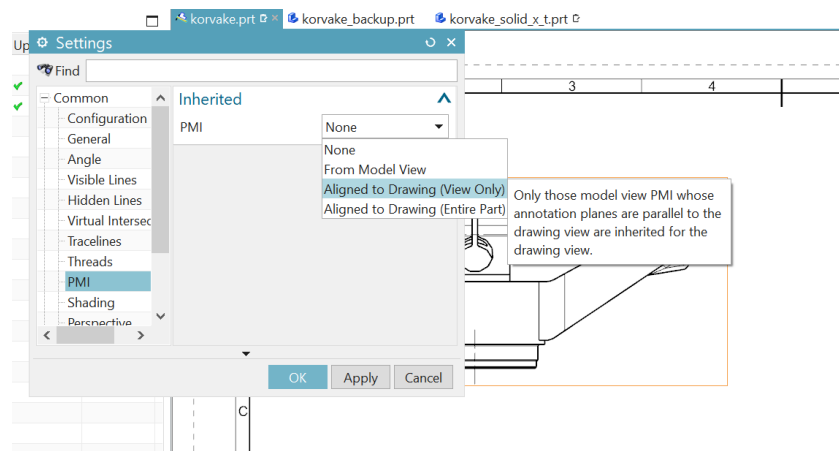
Kuva 36, valittu projektio teknisessä piirustuksessa.

Projektion mukainen kuva voidaan luoda painamalla dokumenttipohjan reunan kohdalla hiiren oikeata painiketta ja valitsemalla komento *Add base View*. Kuvassa 36 on esitetty komennolla aukeava valikko, mistä voidaan valita piirustuksen suhde malliin ja näkyvä projektio mallista. Kun haluttu projektio on valittu, voidaan seuraavaksi tuoda 3D-malliin liitetty tuotetieto seuraavanlaisesti. Aktivoidaan haluttu projektio, mihinkä tuotetieto halutaan tuoda piirustuspuolella, painamalla se aktiiviseksi hiiren vasemmalla painikkeella. Kun projektio on valittu hiiren oikealla painikkeella, saadaan auki kuva 37 mukainen valikko.



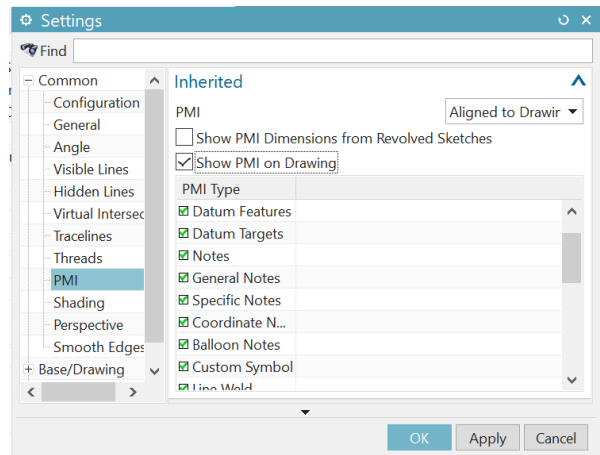
Kuva 37, valikko.

Valitaan kuvassa näkyvä *Settings*-kohta hiiren vasemmalla painikkeella, nyt näytölle aukeaa asetusvalikko, mistä löytyy kuvan yleiset asetukset kuin myös kohta *PMI*. Valitaan *PMI*-kohta valikosta hiiren vasemmalla painikkeella ja saadaan auki kuvan 38 mukainen näkymä.



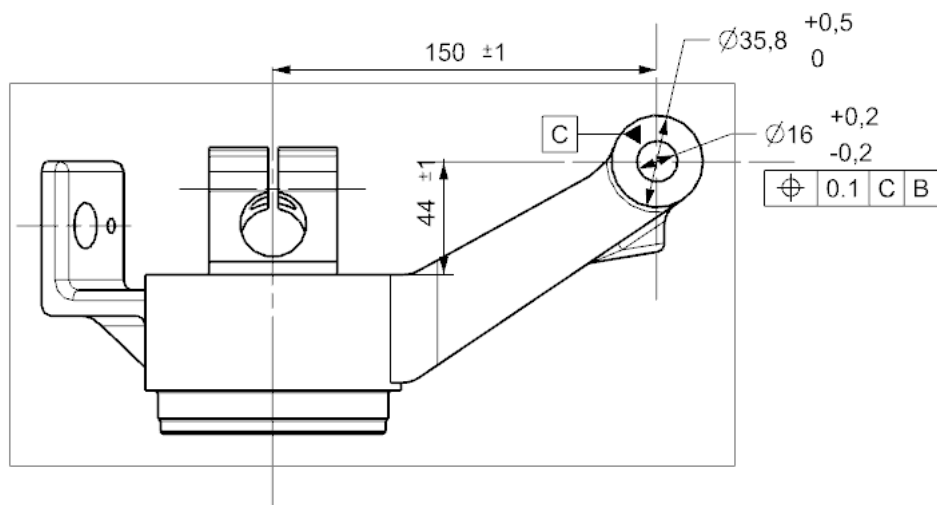
Kuva 38, PMI tiedon tuonti mallista piirustukseen.

Kuvassa näkyy *PMI*-kohdasta laajennettu valikko. Valikosta voidaan valita tuotavan tuotetieto. Valittavissa on joko projektiokohtaisten tietojen tuonti 3D-mallista tai kaikkien mallin *PMI*-tietojen tuominen valittuun projektiin. Kun valitaan *Aligned to drawing (View Only)* aukeaa kuvan 39 mukainen valikko, josta voidaan tarkemmin valita, mitä *PMI*-tietoja halutaan tuoda mallinpuolelta piirustuspuolelle.



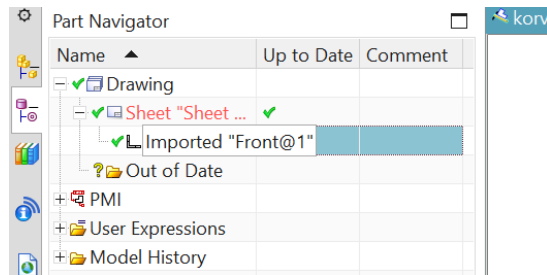
Kuva 39, Tuotavien *PMI*-tietojen hallinta.

Oletuksena NX tuo kaikki projektiin liitetyt *PMI*-tiedot piirustukseen. Listasta voidaan valita tarkemmin halutut tiedot merkkeamalla selitteen edestä pieni neliö hiiren vasemmalla painikkeella. Työssä on tuotu kaikki tuotetiedot, mutta kompleksissa tai kokoonpanoissa kannattaa määritellä tarkemmin teknisessä piirustuksessa näkyvä tuotetieto. Painamalla *Apply* tulee *PMI*:llä luodut mitat ja toleranssit näkyviin 2D-tekniiseen piirustukseen. Kuvassa 40 on esitetty mallista tuotu *PMI*-tieto teknisessä piirustuksessa.



Kuva 40, Tekninen piirustus, johonka tuotu *PMI*-tietoa.

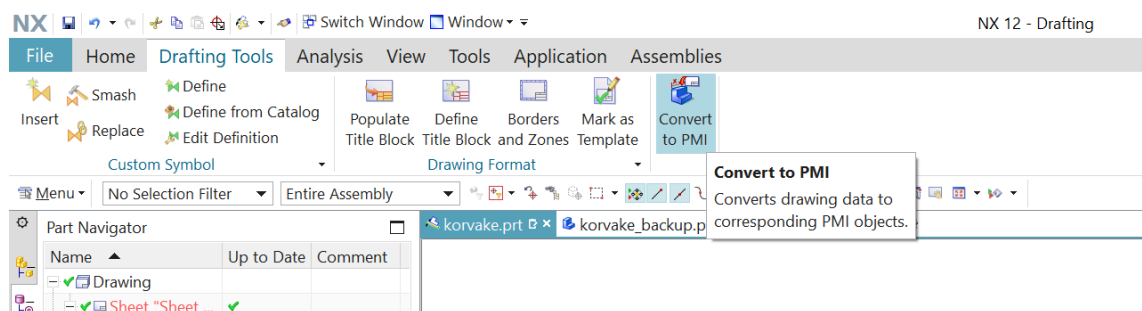
Siemens NX tuo tiedot yksittäisinä *drawing*-elementteinä, joita voi vapaasti muokata *Drawing*-puolella. On hyvä huomata, että *Part Navigaattori*-valikon alla olevassa *Drawing View* -näkyvässä on projektion nimi "Imported", esitetty kuvassa 41.



Kuva 41, Part Navigator & Drawing -valikko.

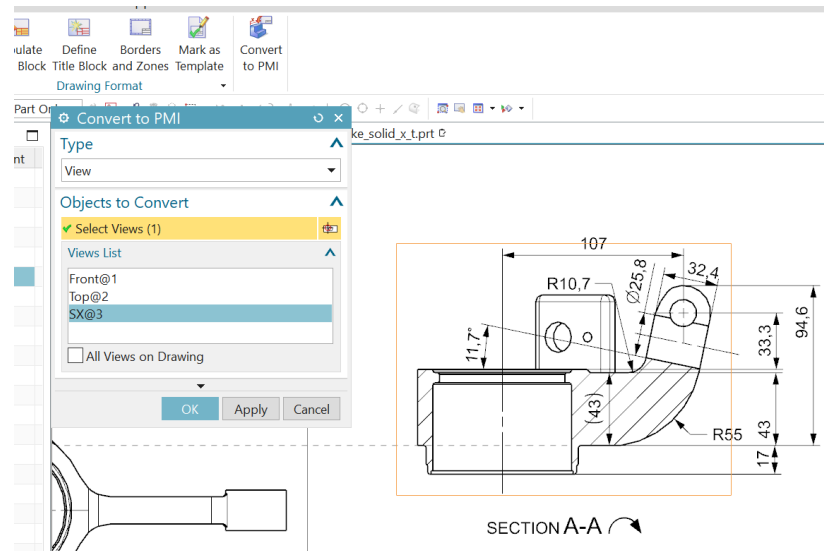
3.3.2 Tuotetiedon tuominen 2D-teknisestä piirustuksesta 3D-malliin

PMI-tietoa voidaan luoda myös teknisen piirustuksen avulla, jolloin välttytään MBD mukaisen mallikohtaisen määrittelyn luomiselta erikseen 3D-malliin ja mahdollistetaan nopea siirtyminen DBD mukaisesta tuotetiedon esittämisestä MBD käyttämiseen yrityksissä. Tuotetiedon tuomiseen teknisestä piirustuksesta 3D-malliin on Siemens kehittänyt *Convert to PMI* -komennon. Komento lisää 2D -teknisen piirustuksessa määritellyt mitat, toleranssit ja muistiinpanot teknisestä piirustuksessa olevien projektioiden mukaisesti mallin eri projektioihin. *Convert to PMI* -komento sijaitsee *Drafting Tools* -välilehdeltä kuvan 42 esittämästä paikasta.



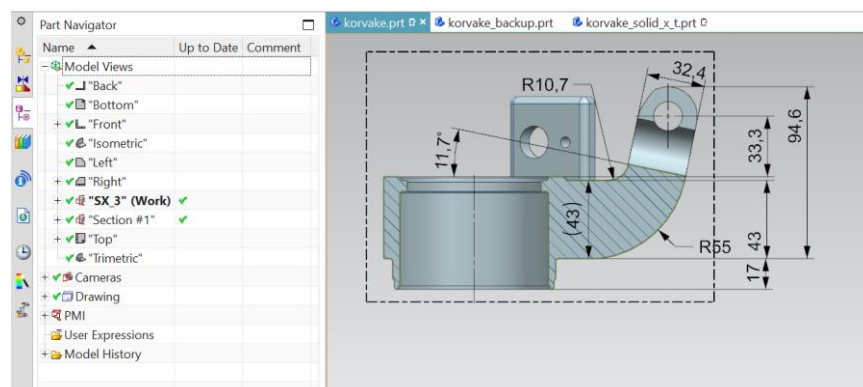
Kuva 42, PMI-tiedon tuominen piirustuksesta 3D-malliin.

Valitsemalla hiiren vasemmalla painikkeella *Convert to PMI*- komento aukeaa kuvassa 43 esitetty näkymä näytölle. Näytölle ilmestyneestä valikosta valitaan malliin vietävä projektio valitsemalla listasta halutun projektion nimi. Vaihtoehtoisesti valinta voidaan tehdä viemällä kursori halutun projektion päälle dokumenttipohjassa ja painamalla hiiren vasemmalla painikkeella kerran.



Kuva 43, PMI-tiedon tuominen piirustuksesta 3D-malliin.

Kuvassa 43 on valitun projektion reunat esitetty oranssilla värillä ja projektion nimi on maalattuna sinisellä värillä *Convert to PMI* -valikossa. Kun halutut projektiot, joista tuotetietoa halutaan siirtää 3D-malliin, on valittu, suorittaa NX-ohjelma tiedonviennin painamalla *OK*- tai *Apply*-painiketta valikon alareunassa. Kuvassa 44 on nähtävillä teknisestä piirustuksesta tuotua tuotetietoa, jonka NX-ohjelmisto on liittänyt 3D-malliin.



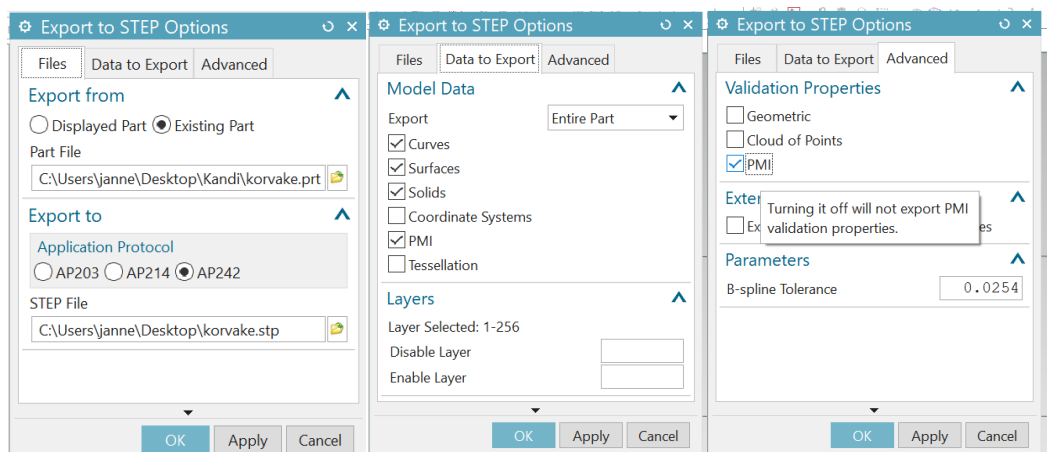
Kuva 44, PMI-tiedon tuominen piirustuksesta 3D-malliin.

Kuvasta on hyvä huomata, että Siemens NX osaa luoda teknisessä piirustuksessa esitetyn leikkauksen myös mallinnuspuolella. Tuodusta PMI-tiedosta on hyvä huomata, että se on graafisessa eikä semanttisessa muodossa.

3.4 STEP242-tiedostoformaatin käyttäminen MBD-mallin siirrossa

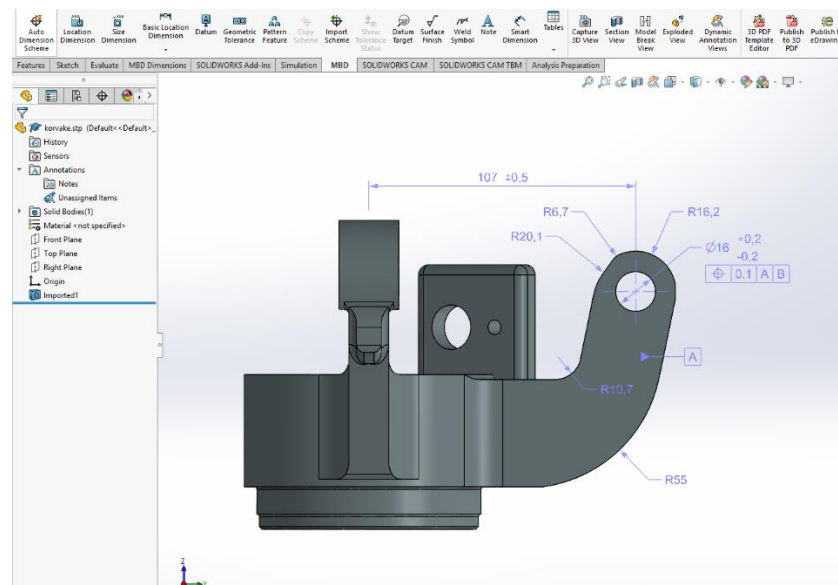
Todennetaan Siemens NX -tukeman STEP242-tiedostoformaatin toimivuus tuomalla STEP-tiedosto Siemens NX-ohjelmistosta ja avaamalla se SolidWorks-ohjelmistossa. Kappaleessa NX&PMI – tukevat tiedostoformaatit on esitetty, että STEP242-formaatin avulla onnistuu MBD mukainen tuotetiedon siirtäminen ohjelmien välillä.

Tuodaan seuraavaksi NX-ohjelmistosta STEP-tiedosto valitsemalla File→Export→STEP. Tämän jälkeen aukeaa kuvassa 45 esitetty valikko, josta valitaan seuraavaksi valikosta *Export from* kohta *Existing part*. Tämän jälkeen valitaan *Export to* -kohdasta *AP242*. Lopuksi annetaan tiedostolle vielä tallennussijainti. Ennen kuin ohjelmistosta voidaan siirtää haluttu tiedosto, tulee *Data to Export*-välilehdeltä valita siirrettävä data, esitetty kuvassa 45. *Data to export* -välilehdeltä löytyy kohta *PMI*, valitaan PMI-tiedon tuominen painamalla hiiren vasemmalla painikkeella selitteen edessä olevaa ruutua. *Advanced*-välilehdeltä tulee myös valita PMI tuotavaksi, jos tuotetietoa käytetään mallin validoinnissa. Valitsemalla *OK* tai *Apply* valikon alalaidasta käynnistää ohjelma erillisen *Export*-ikkunan, jossa näkyy tiedonsiirron diagnostiikka.



Kuva 45, STEP-tiedonsiirtoformaatin valitseminen.

Kokeillaan vielä STEP242-tiedostoformaatin käyttöä MBD mukaisen mallin tiedonsiirrossa määrittelemällä tuotava geometria ja tuotetieto erikseen sen sijasta, että tuotaisiin koko kappale ja siihen liitetty tuotetieto. Valitaan nyt *Files*-välilehdelta kohta *Displayed part*. Tämän jälkeen laajentamalla *Data to Export*-välilehden *Export*-valikko valitaan kohta *Selected objects*. Määritetään hiiren vasenta painiketta käyttämällä tuotava geometria ja tuotetieto. Työssä on valittu kappaleen koko geometria, mutta ainoastaan kappaleen oikeaan projektioon liitetty tuotetieto. Tuotetieto ja geometria voidaan valita, joko näytöltä tai *Part Navigator*-ikkunasta. STEP-tiedosto avataan samalla tavalla kuin aikaisemmin. Kuvassa 47 on esitetty Solidworks-ohjelmistossa avattu tiedoltaan määritetympi STEP242-tiedosto.



Kuva 47, SolidWorks-ohjelmistossa avattu paremmin määritelty STEP-tiedosto.

Kuvasta 47 nähdään, että tuotetieto on pysynyt oikeellisenä, toisin kuin kuvan 46 tapauksessa. Tuotetieto vastaa alkuperäistä tiedostoa ja se ei ole korruptoitunut tiedonsiirron aikana. Tuotetiedon parempi siirtyminen johtuu luultavasti siitä, että kun tuotava tieto määritellään erikseen, on STEP-tiedoston luontiin käytetty kartoitus tehokkaampaa kuin koko kappaleen tiedostoa muutettaessa. Koska tuotu malli vastaa alkuperäistä, voidaan STEP242-tiedostoformaatin toimivan osittain MBD mukaisessa tiedonsiirrossa.

Vaikka tarkkaan määritelty STEP-tiedosto tuki MBD mukaista tiedonsiirtoa, vaatii se käyttäjältä tarkkuutta ja eikä tiedon siirtymistä virheettömänä voida aina taata.

STEP242-tiedostoformaatin käyttämistä ei tämän työn nojalla voi suositella käytettävänä tiedostoformaattina eri ohjelmien välillä, jos siirrettävän tiedoston käyttäytymisestä tiedonsiirrossa ei ole aikaisempaa kokemusta tai tietoa.

4. TULOSTEN TARKASTELU

Tuotetiedon liittäminen CAD-ohjelmalla luotuun malliin MBD mukaisesti onnistuu Siemensin kehittämällä PMI-sovelluksella varsin hyvin, mutta muutamia kehityskohteita löytyi tutkimuksen aikana. Siemensin tarjoama PMI-työkalun käyttäminen on varsin intuitiivista, jos ohjelman käyttäjällä on kokemusta teknisten piirustusten tekemisestä ja 3D-mallintamisesta. PMI-sovellus sisältää kuitenkin muutamia kohtia, joissa olisi kehitysvaraa.

PMI-sovelluksen *Rapid*-toiminolla mallin mitoittaminen ja tolerointi on nopeaa, sekä helppoa. Myös se, että PMI-tieto on ensisijaisesti projektiokohtaista, on uusien projektien tekeminen tehty helpoksi *Add view*-komennolla. MBD mukaisen tuotetiedon lisäämiseen kuluu aikaa suunnilleen samana verran kuin 2D -teknisten piirustusten tekemiseen normaalisti. Vaikka itse PMI-tiedon lisääminen on suhteellisen suoraviivaista voi itse PMI-asetusten, standardien valitseminen, yksiköiden vaihtaminen ja merkintöjen muotoilun muuttaminen olla hankalaa. Kuten aikaisemmin on esitetty, on Siemens hajottanut PMI:tä koskevat asetukset muutamaan eri valikkoon. Ohjelmiston käyttäminen sen täydessä potentiaalissa vaatii hyvän perehdytyksen NX:ään ja sen työkalujen käyttöön, muuten käyttö voi olla hidasta ja takkuilevaa. Kommentojen ja valikoiden etsimiseen on olemassa NX:n hakutoiminta, vasemman yläkulman suurennuslasi, joka osittain pelastaa käyttäjän valikoiden turhauttavalta etsimiseltä.

PMI-tiedon linkittyminen aina valittuun työnäkymään, *work view*, tekee tuotetiedon esittämisestä selkeätä, eikä tämä poikkea juurikaan DBD:n mukaisesta 2D-teknisestä piirustuksesta. PMI-tiedon esittämisessä 3D-mallissa on kuitenkin vaarana liiallinen tiedon lisääminen yksittäiseen näkymään. Hyvää MBD käytäntöä noudattamalla ei tämä muodostu ongelmaksi.

PMI-tiedon näkymistä mallissa voidaan hyvin kontrolloida yleisesti *view*-välilehden *Show and Hide* -komennolla. Yksittäisen PMI-tiedon piilottaminen puolestaan tapahtuu joko valitsemalla haluttu tieto *Part Navigator*-ikkunasta tai hiiren oikealla aukeavasta valikosta *hide*-komennolla. Yksittäisiä PMI-tietoja voi myös piilottaa valitsemalla haluttu tieto mallista ja hiiren oikealla avautuvasta valikosta

valitsemalla *hide*-komento. Tarvittavaa malliin liitettyä PMI-tietoa voi etsiä valitsemalla yksittäinen elementti ja valitsemalla hiiren oikealla aukeavasta valikosta komento *Find PMI associated to geometry*. Komento näyttää kaikki valittuun elementtiin liitetyt tuotetiedot. Tämä nopeuttaa huomattavasti tuotetietojen löytämistä, jos mallinnettu kappale on kompleksinen tai käsitellään kokoonpanoja, joissa on useita komponentteja. PMI-tiedon näkyvyyden hallinta mahdollistaa muun muassa erilaisten MBD-mallikuvien tekemisen tuotannon erivaiheisiin: yksittäinen työvaihe saa vain näkyviin sen tarvitsemat tuotetiedot, jolloin voidaan vähentää inhimillisiä riskejä ja nopeuttaa tuotetiedon lukemista.

Tuotetiedon yhdistäminen malliin toimii samanlaisesti niin *model* kuin *assembly*-applikaation puolella ja molemmista on mahdollista muokata tai yhdistää PMI-tietoja yksittäiseen 3D-malliin. Tässä työssä PMI-tiedon liittämistä kokoonpanoon ei ole tutkittu, koska nopealla käytöllä se ei poikkea *Model*-applikaatiossa tehtävästä tuotetiedon lisäämisestä ollenkaan tai hyvin vähän.

Tuotetiedon tuominen MBD mukaisesta mallista 2D-tekniiseen piirustukseen toimii hyvin kokonaisuudessaan. Ainoana negatiivisena asiana on *Inherit PMI* -komennon löytäminen *settings*-valikosta. *Inherit PMI* -komennossa on mahdollista valita tuotava tuotetieto, joko koko 3D-mallista tai valitusta projektista. 2D-tekniisten piirustusten tekeminen malliin liitetyn PMI-tiedon avulla on nopeata ja auttaa MBD yleistymisessä teollisuudessa.

PMI-tiedon luominen jo olemassa olevasta teknisestä piirustuksesta onnistuu hyvin *Convert to PMI*-komennolla. Ainoana rajoituksena on, että piirustuksesta malliin tuotu tuotetieto ei ole semanttista, linkitettyä mallin geometriaan, vaan graafista. Tuotetieto on yhdistetty mallin reunaviivoihin itse elementtien/geometrian sijasta. Tämä on osaltaan loogista, koska 2D-tiedon yhdistäminen 3D-malliin toimii projektoiden kautta. Tämä on hyvä pitää mielessä, jos PMI-tietoa luodaan tuomalla se 2D-piirustuksesta.

Työssä todennetun STEP242-tiedostoformaatin käyttämistä MBD-mallien siirtämisessä on syytä välttää, koska työssä havaittiin vakavia puutoksia siirretyn tiedon oikeellisuudessa. STEP242-tiedostoformaatin käyttö on vain suositeltavaa tapauksissa, jossa sen käyttämisestä on aikaisempaa kokemusta.

5. YHTEENVETO JA PÄÄTELMÄT

Siemens NX tarjoaa PMI-sovelluksen avulla yrityksille mahdollisuuden toimia MBE, model based engineering, mukaisesti. MBD mukaisten 3D-mallien luominen on tehty toimivaksi, ja toimivasta mallista on helppo luoda tarvittavaa informaatiota tuotannon eri osa-alueille.

PMI-työkalun käyttäminen on intuitiivista ja suhteellisen helposti opittavissa. Ainoa negatiivinen asia on eri asetusten piilottaminen monen eri valikon taakse, mikä vähentää ohjelman käyttäjäystävällisyyttä. PMI-sovelluksesta löytyy yleisimmät PMI:hin liittyvät standardit ja yksiköt, jotka ovat käytössä globaalisti. PMI-tiedon hallinta on tehty suhteellisen vaivattomaksi, ja käyttäjällä on mahdollisuus rajata mallissa näkyvää tuotetietoa haluamansa mukaan.

PMI-tiedon siirtämisessä on huomioitava käytettävä tiedostoformaatti, koska PMI-tieto on yhteen sopiva Siemens NX -ohjelmistossa vain STEP242-, JT- ja natiivissa tiedostoformaateissa. Näistä formaateista Siemensin omakehittämä JT-formaatti tukee parhaiten PMI-tiedon siirtämistä ja JT-formaatti toimii hyvin Siemensin tarjoamissa PLM-palveluissa. Kaiken kaikkiaan Siemensin kehittämä PMI-sovellus on hyvä työkalu MBD mukaisen tuotetiedon liittämiseen 3D-malliin.

LÄHTEET

Bijnens, J., Kellens, K., & Cheshire, D. (2018). Accuracy of geometry data exchange using STEP AP242. Procedia.

Herron, J. (2014). Semantic PMI defined: Product manufacturing information. Saatavissa (viitattu 7.11.2019):
<https://www.action-engineering.com/blog/2014/07/semantic-pmi-defined-product-manufacturing-information>

Laaksonen, T., Nieminen, J., Pulkkinen, A., Rapinoja, J.-P., Joakim Simons, Uski, P., Vainionpää, M. (2016). Malliperusteiden tuotemäärittelyn (MBD) mahdollisuudet. METSTA ry, Teknolögiäteollisuus ry ja SMACC.

Lipman, R. & Lubell, J. (2015). Conformance checking of PMI representation in CAD model STEP data exchange files. In R. Lipman & J. Lubell, Computer-Aided Design (pp. 14–23). Elsevier.

MOT Sanakirja. Saatavissa: <https://mot-kielikone-fi.libproxy.tuni.fi/mot/uta/netmot.exe>

Proto labs (11.9.2017). What is product manufacturing information (PMI)? Saatavissa (viitattu 7.11.2019):
<https://www.protolabs.com/resources/blog/what-is-product-manufacturing-information-pmi/>

Ricci, F., Bedolla, J. S., Gomez, J. M. & Chiabert, P. (2014). PMI: a PLM Approach for the Management of Geometrical and Dimensional Controls in Modern Industries. (pp. 36–43). Taylor & Francis Group.

SFS Online. Saatavissa (viitattu 9.11.2019): <https://online.sfs.fi/>

Siemens PLM Software Inc. (2011). Product manufacturing information (PMI). saatavilla (viitattu 8.11.2019):
https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/Images/9645_tcm1023-4581.pdf

Siemens PLM nettisivu. Saatavilla (viitattu 10.12.2019): <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/nx-for-design>